

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COMO PILARES DEL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD DEL SIGLO XXI

Coordinador:

Jorge Luis Costafreda Mustelier

Editores:

Jorge Luis Costafreda Mustelier

José Luis Parra y Alfaro

Benjamín Calvo Pérez

Ponencias y comunicaciones

IX JORNADAS IBEROAMERICANAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
QUITO, ECUADOR. 9 Y 10 DE AGOSTO DE 2011





Ponencias y comunicaciones

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COMO PILARES DEL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD DEL SIGLO XXI

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COMO PILARES DEL DESARROLLO DE LA
SOCIEDAD DEL SIGLO XXI

PONENCIAS Y COMUNICACIONES.

COORDINADOR:

JORGE LUIS COSTAFREDA MUSTELIER

EDITORES:

JORGE LUIS COSTAFREDA MUSTELIER

JOSÉ LUIS PARRA Y ALFARO

BENJAMÍN CALVO PÉREZ

Fundación Gómez-Pardo

Madrid 2011

ISBN: 13 978-84-694-2689-0

Nº Registro: 11/35870

Fecha: 05/04/2011



Fundación Gómez-Pardo

Alenza, 1. 28003.

Madrid (España).

Tel: (+34 91 336 7030)

Web: www.minas.upm.es/fundacion/fgp/

IMPRESO EN ESPAÑA

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción parcial o total bajo ninguna de las formas electrónicas o mecánicas, incluido el fotocopiado o grabación o por ningún sistema de almacenamiento y reproducción, salvo autorización escrita de los coordinadores y del Editor.

PRÓLOGO

Es para mí un honor presentar esta publicación que recoge las comunicaciones presentadas en las IX Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción, que se han celebrado en Quito, Ecuador, los días 9 y 10 de agosto de 2011.

En esta ocasión fue nuestra anfitriona la Escuela Politécnica Nacional, radicada en la bellísima ciudad de Quito, con el auspicio de diversas instancias ecuatorianas, tanto públicas como privadas. Por este motivo, mis primeras palabras quieren ser de agradecimiento por la hospitalidad brindada y la excelente organización local.

Asimismo, quisiera reiterar mi gratitud a las entidades que todos los años apoyan decididamente la celebración de estas Jornadas y que este año no han faltado a la cita, como son:

La Universidad Politécnica de Madrid (España), y muy especialmente su Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

La Asociación Española de Fabricantes de Áridos (ANEFA).

La Cámara de la Piedra de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)

La empresa ERAL, Equipos y Procesos, S.L.

Confiamos en que progresivamente otras entidades de nuestro entorno profesional, tanto académico como empresarial, se vayan vinculando de forma permanente a dicha organización.

El lema que se eligió para este año fue: **"Los materiales de construcción como pilares del desarrollo de la sociedad del siglo XXI"**. Creo que constituye toda una declaración de intenciones, además de enraizarse profundamente con la aún corta, pero ya intensa historia de nuestras Jornadas.

Éstas nacen precisamente con el tercer milenio, y así todas las ediciones celebradas hasta ahora (Madrid 2001, La Habana 2002, San Juan 2003, Tegucigalpa 2004, Panamá 2007, Mar del Plata 2008, Valencia 2009 y Lima 2010) han tratado de poner un granito de arena (y nunca el símil fue más oportuno) para conseguir desarrollar la cooperación científica y técnica entre los países de Iberoamérica, Portugal y España, a través del intercambio de conocimiento y la transferencia tecnológica.

Nuestras reuniones no han de verse únicamente como un punto de encuentro en el que presentar nuestros trabajos y experiencias, compartiéndolas con los colegas de otros lugares, tal vez lejanos en lo geográfico pero cercanos en la cultura y la sensibilidad. Con ser éste un fin no sólo loable, sino esencial a nuestra actividad, sería insuficiente para colmar nuestras expectativas. Las Jornadas han de ser un foro que constituya la semilla de futuras actuaciones conjuntas de todo tipo, académicas o empresariales, bilaterales o multilaterales, siempre con el objetivo de fomentar las relaciones basadas en compartir nuestros saberes y, en la medida de lo posible, la movilidad de nuestros técnicos, profesores o alumnos.

Precisamente en un momento como el actual, en el que las incógnitas y graves preocupaciones que la crisis financiera mundial ha sembrado en nuestro ánimo no se han despejado todavía, es cuando este tipo de actividades son más necesarias, ya que es generalmente reconocido que para salir de esta situación se precisa mejorar la competitividad de nuestras economías y sólo a través de la innovación científica y tecnológica esto será posible, siempre que las políticas laborales y regulatorias lo apoyen.

Los materiales de construcción constituyen un caso destacable en este sentido, ya que generalmente su producción está ligada a la extracción próxima de sus materias primas, dados los volúmenes que se mueven. Esto también es así muy frecuentemente con su utilización, de lo que es un ejemplo paradigmático la industria del hormigón (o concreto). Esto implica que pueden suponer un aporte fundamental en el desarrollo de las comunidades locales, gracias a la generación de tejido industrial y la consiguiente de puestos de trabajo, además de contribuir en calidad de componente imprescindible a la implantación de infraestructuras de todo tipo (residenciales, viarias o de transporte en general, entre otras) que son la base en la que otros sectores económicos han de apoyarse de modo ineludible.

Por supuesto, este desarrollo ha de ser sostenible. Soy consciente de que ésta es ya una frase hecha, que por tanto ha perdido ya parte de su impacto, al utilizarse tantas veces con poco o ningún fundamento. Pero los que nos dedicamos a la ciencia y la tecnología sabemos de la importancia de su profundo significado, ya que el desarrollo o es sostenible o no será desarrollo, sino a lo sumo especulación para beneficio de unos pocos. Creo que el verdadero sentido del término está en que permita un desarrollo que beneficie de forma general a toda la sociedad, y no sólo a la presente, sino a la futura.

Éste es el reto que los técnicos tenemos. Traducir este concepto en términos de aseguramiento de la calidad, seguridad e higiene en el trabajo, cuidado de los aspectos ambientales, I+D+i, cualificación académica y profesional y, por qué no, rentabilidad económica, entre otros aspectos fundamentales de nuestras actividades.

Creo sinceramente que los trabajos que aquí se presentan suponen una contribución en este sentido, tanto por su calidad como por la diversidad de sus temáticas dentro del campo de los materiales de construcción. Espero y deseo que constituyan el germen de futuros encuentros y otras actividades de colaboración científica, tecnológica o educativa entre las entidades de nuestro entorno iberoamericano.

José-Luis Parra y Alfaro
Presidente del Comité Científico

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. José Luis Parra y Alfaro (Presidente), ETSIM-UPM, España

Dra. Ximena Díaz, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX), Ecuador

Dr. Jorge Costafreda, ETSIM-UPM, España

Dr. David Revuelta, LOEMCO, España

Ing. César Luaces Frades, ANEFA – FdA, España

Dra. Dulce Gómez Limón, ETSIM-UPM, España

Dr. Justo García Navarro, ETSIA-UPM. España

Dra. Mercedes del Río, EUAT-UPM, España

Dr. Alfonso Moraño Rodríguez, ETSIM-UPM, España

Ing. Javier Agustín Leggiero, CANTERAS YARAVÍ-ARGENTINA, Argentina

Dra. Antonia Pacios, ETSII-UPM, España

Dr. Alvaro Videla, (Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro de Minería/Molycop S.A., Chile

Dr. Diósgrafo Chamba, Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), Ecuador

Dr. Arturo Egüez, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Geología, Ecuador

Ing. César Monroy, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Ingeniería Civil, Ecuador

Ing. Halina Lachiwicz, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Geología, Ecuador

Ing. Jorge Valverde, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Ingeniería Civil, Ecuador

Ing. Galo Plaza, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Geología, Ecuador

COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. Benjamín Calvo Pérez (Presidente), ETSIM-UPM, España

Ing. Juan Luis Bouso Aragonés, ERAL, España

Dr. Jorge Luis Costafreda, ETSIM-UPM, España

Dra. Géraldine Hoffer, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ecuador

Ing. Halina Lachowicz, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Geología, Ecuador

Ing. César Monroy, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Ingeniería Civil, Ecuador

Lcda. Laura Zurita, Cámara de Minería del Ecuador (CME)

Sr. Santiago Cordovez, Cámara de Minería del Ecuador (CME)

Ing. Jhonny Firmat, Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME)

Sra. Mireille Vásconez, Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME)

Arq. Cristian Córdova, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador

COORDINACIÓN TÉCNICA:

Dr. Jorge Luis Costafreda, ETSIM-UPM, España

Dra. Géraldine Hoffer, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ecuador

Sede del Evento

Edificio de Relación con el Medio Externo, 5^{to} Piso
Escuela Politécnica Nacional
Entrada por la Toledo y Madrid



Escuela Politécnica Nacional
Edificio de Relación con el Medio Exterior
Entrada por la C/ Toledo
Quito-Ecuador

INSTITUCIONES ORGANIZADORAS



Escuela Politécnica Nacional (EPN)



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas (UPM)



Universidad Politécnica de Madrid



CÁMARA DE MINERÍA DEL ECUADOR

Cámara de Minería del Ecuador



Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA)



ERAL, Equipos y Procesos, S.A.



Secretaría de Ordenamiento Territorial, Hábitat y Vivienda



Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME)



Federación Iberoamericana de Productores de Áridos (FIPA)

INSTITUCIONES COLABORADORAS



Ministerio de Recursos Naturales No Renovables
República del Ecuador

Ministerio de Recursos Naturales no Renovables



ARCOM
Agencia de Regulación y Control Minero

Agencia de Regulación y Control Minero



Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgica (INIGEMM)



Ministerio del Ambiente

Ministerio del Ambiente, Subsecretaría de Calidad Ambiental



Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (INECYC)



Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP)



Camara de la Construcción de Quito

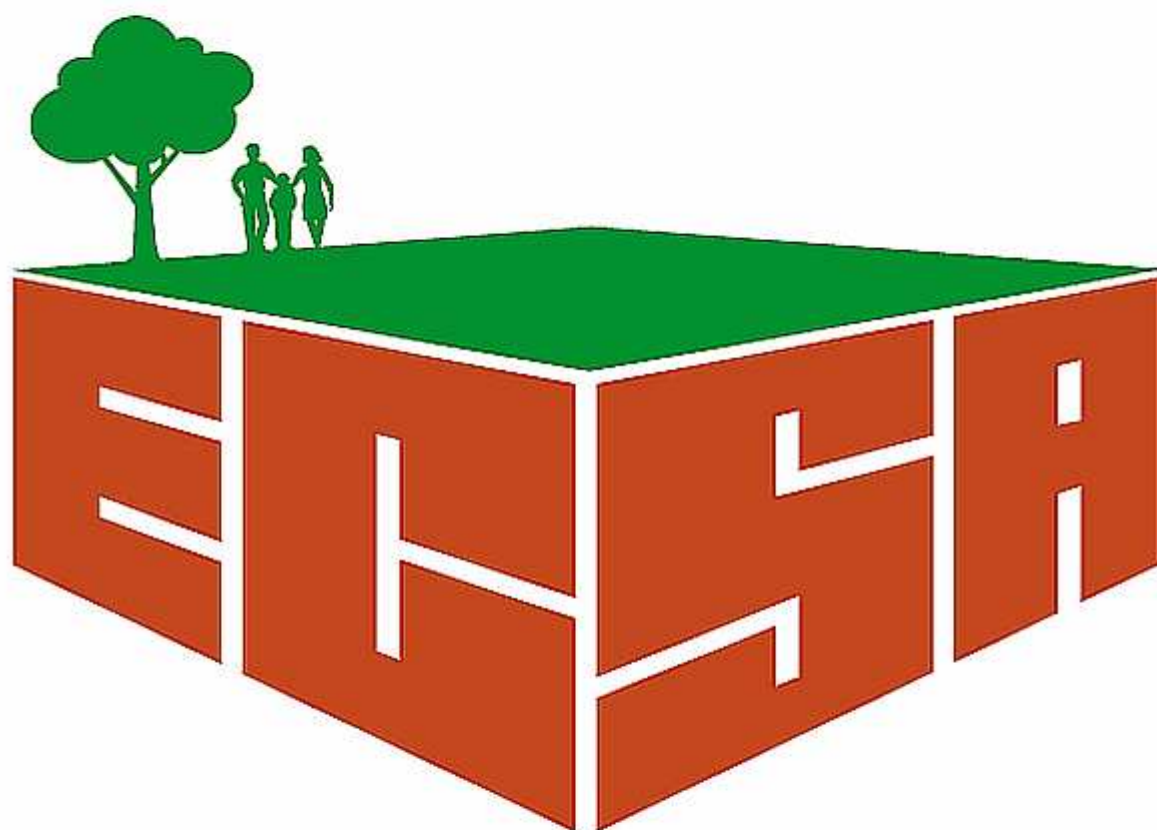


KINROSS



Colegio de Ingenieros en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental

Auspiciante Oficial



Ecuacorriente S.A.

PARTICIPANTES

NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	PAÍS
ANDRADA ANDRADA, FRANCISCO JAVIER	ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS-ANEFA	ESPAÑA
DIEZ ESTEBAN, MARÍA ARANZAZU	ATLAS COPCO S.A.E	ESPAÑA
BOUSO ARAGONÉS, JUAN LUIS	ERAL, EQUIPOS Y PROCESOS S.A.	ESPAÑA
BRITO VILLAROEL, SALOMON	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO.	ECUADOR
BUTRAGUEÑO, JOSÉ ANTONIO	FLSMIDTH MINERALS	ESPAÑA
CALVO PÉREZ, BENJAMÍN	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
CASTAÑÓN, ANA MARÍA	E.S.T. I. DE MINAS. UNIVERSIDAD DE LEÓN	ESPAÑA
CASTILLA GÓMEZ, JORGE	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
CHAMBA, DIÓSGRAFO	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL MINERO (ARCOM),	ECUADOR
COELLO VELÁSQUEZ, MARÍA CRISTINA	MINISTERIO DEL AMBIENTE	ECUADOR
CÓRDOVA, CRISTIAN	MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	ECUADOR
CORDOVEZ, SANTIAGO	CÁMARA DE MINERÍA DEL ECUADOR (CME)	ECUADOR
COSTAFREDA MUSTELIER, JORGE LUIS	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
DE GUZMÁN BÁEZ, ANA	E.T.S.I.A. (UPM)	ESPAÑA
DEL RÍO, MERCEDES	EUAT-UPM	ESPAÑA
DÍAZ, XIMENA	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
DÍAZ CURIEL, JESÚS MARÍA	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
DIXON, DANIEL	FUNDACIÓN RÍO NAPO	ECUADOR
EGÜEZ, ARTURO	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
ESPÍN REYES, VICTORIA	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO	ECUADOR
ESTEBAN BENITO, MIRIAM	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
FIRMAT, JHONNY	ASOCIACIÓN DE MUNICIPALIDADES DEL ECUADOR (AME)	ECUADOR
FONTANA PIATTI, JORGE	CANtera PIATTI S. A.	ARGENTINA
FUEYO CASADO, LUIS	FUEYO EDITORES	ESPAÑA
GALLEGOS MARTÍNEZ, ANDRÉS	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO	ECUADOR
GARCÍA DE MIGUEL, JOSÉ MARÍA	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
GARCÍA GRANDA, SANTIAGO	FACULTAD DE QUÍMICA. UNIVERSIDAD DE OVIEDO	ESPAÑA
GARCÍA NAVARRO, JUSTO	ETSIA-UPM.	ESPAÑA
GARCÍA RECIO, PALOMA	FEDERACIÓN DE ÁRIDOS-FDA	ESPAÑA
GÓMEZ LIMÓN, DULCE	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
GONZÁLEZ CORTINA, MARIANO	E.U. A. T. (UPM)	ESPAÑA
GUERRA FERNÁNDEZ, RODOLFO	CÁMARA DE LA PIEDRA	ARGENTINA
GUERRERO, ANA	INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN "EDUARDO TORROJA", CSIC	ESPAÑA
HERRERA HERBERT, JUAN	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
HOFFER, GÉRALDINE	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
JIMÉNEZ RIVERO, ANA	E.T.S.I.A. (UPM)	ESPAÑA
LACHIWICZ, HALINA	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
LARA CALDERÓN, LENIN	RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICA DE QUITO	ECUADOR
LEGGIERO, JAVIER AGUSTÍN	CANterAS YARAVÍ-ARGENTINA	ARGENTINA
LUACES FRADES, CÉSAR	ANEFA-FEDERACIÓN DE ÁRIDOS-FDA	ESPAÑA

NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	PAÍS
MARTÍN SÁNCHEZ, DOMINGO ALFONSO	E.T.S.I. MINAS MADRID	ESPAÑA
MARTÍNEZ CARABALLO, EVA	E.T.S.I.A. (UPM)	ESPAÑA
MONROY, CÉSAR	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
MORAÑO RODRÍGUEZ, ALFONSO J.	E.T.S.I. MINAS MADRID	ESPAÑA
MORILLAS GONZÁLEZ, PILAR	E.T.S.I. MINAS MADRID	ESPAÑA
NÚÑEZ FERNÁNDEZ, ADOLFO	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
PACIOS, ANTONIA	ETSII-UPM,	ESPAÑA
PARRA Y ALFARO, JOSÉ LUIS	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
PAZ LORENZO, MARÍA	FACULTAD DE FARMACIA. UNIVERSIDAD SAN PABLO-CEU	ESPAÑA
PÉREZ-PUIG OBIETA, COSME	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
PIZONE. JOSÉ ALFREDO	FEDERACIÓN ARGENTINA DE LA PIEDRA	ARGENTINA
PLAZA, GALO	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
PROAÑO CADENA, GASTÓN NICOLÁS	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ECUADOR)	ECUADOR
RAMÍREZ MASFERRER, JAVIER ÁNGEL	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
REALPE RIVADENEIRA, GUILLERMO	LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR	ECUADOR
REDRUELLO ALMANDOZ, IGNACIO	E.T.S.I.A. (UPM)	ESPAÑA
REQUENA ESPADA, DOLORES	ERAL-CHILE S.A.	CHILE
REVUELTA, DAVID	LOEMCO	ESPAÑA
RODRÍGUEZ-AVELLO SANZ, ÁNGEL	E.T.S.I. MINAS MADRID-UPM	ESPAÑA
ROSELL LAM, MERCEDES	CTDMAC	CUBA
RUGGIERO, MÓNICA TERESA	CANTERAS YARAVÍ S.A.	ARGENTINA
SÁNCHEZ CÉLIZ, DIANA	LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR	ECUADOR
SIMBAÑA TASIGUANO, MARCO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO	ECUADOR
TERRY, MATEO	FUNDACIÓN RÍO NAPO	ECUADOR
VALVERDE, JORGE	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (EPN)	ECUADOR
VÁSCONEZ, MIREILLE	ASOCIACIÓN DE MUNICIPALIDADES DEL ECUADOR (AME)	ECUADOR
VELASCO VALAREZO, JORGE	EMPRESA NACIONAL MINERA ENAMI EP	ECUADOR
VIDELA, ÁLVARO	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE	CHILE
ZURITA, LAURA	CÁMARA DE MINERÍA DEL ECUADOR (CME)	ECUADOR

PROGRAMA

9 DE AGOSTO

8:00-9:00: Inscripciones / Entrega de Acreditaciones / Documentación

9:00-9:30: Inauguración de las Jornadas

9:30-10:00: **Marco legal de los materiales de construcción en el Ecuador.**

Díósgrafo Chamba. ARCOM. Quito, Ecuador.

10:00-10:30: **Régimen especial para la explotación de materiales áridos y pétreos en el Ecuador.**

Sayda Rosales y Jorge Espinosa. Viceministerio de Minas, Ministerio de Recursos Naturales No Renovables de la República del Ecuador.

10:30-11:00: **Situación del sector de áridos en España.**

Francisco Javier Andrada. Vicepresidente de la Federación de Áridos y Presidente de ANEFA. España

11:00-11:30: CAFÉ

11:30-12:00: **Estudio de arcillas ecuatorianas para fabricar ladrillos cerámicos de alta calidad en la construcción.**

Oswaldo Patricio Flor. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador

12:00-12:30: **Recuperación y puesta en valor social y ambiental de fangos arcillosos del proceso de producción de arenas de trituración aplicables a la fabricación de hormigones.**

Javier Leggiero. Canteras Yaraví S. A. Buenos Aires, Argentina.

12:30-13:00: **Plan de acción para la mejora técnica y organizativa para el sector de áridos.**

César Luaces. Federación de Áridos- FdA, España.

13.00-14:30: ALMUERZO

14:30-15:00: **Aplicación de hormigón masivo en la reconstrucción de la carretera Puerto Inca-Molleturo-Cuenca, en la República del Ecuador.**

Gastón Proaño. ESPOL. Guayaquil., Ecuador.

15:00-15:30: **Construcciones históricas y su vulnerabilidad sísmica (El caso de Quito y sus construcciones con valor patrimonial).**

M. Lenin Lara. Quito, Ecuador.

15:30-16:00: CAFÉ

16:00-16:30: La cátedra ANEFA en la Escuela de Minas de Madrid.

Benjamín Calvo. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid, España.

16:30-17:00: El hidrociclón de fondo plano en la clasificación de arenas.

Juan Luis Bouso. Eral, Equipos y Procesos. Madrid, España.

17:00-18:00: FORO “Ordenamiento territorial”.

Moderador: Rodolfo Guerra. Presidente de la FIPA.

10 DE AGOSTO

9:00-9:30: Experiencias del Subcomité Técnico de Hormigones, Áridos y Morteros del INEN en la actualización de la normativa técnica.

Guillermo Realpe. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

9:30-10:00: Contribución de la zeolita natural a las resistencias mecánicas de cementos, morteros y hormigones.

Jorge L. Costafreda. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid, España.

10:00-10:30: La forestación en canteras proveedoras de áridos para el hormigón elaborado: Primer paso en la minimización de impactos y la gestión sustentable de los recursos.

Mónica Ruggiero. Canteras Yaraví S. A. Buenos Aires, Argentina.

10:30-11:00: Optimización de mezclas de hormigón premezclado a partir de análisis petrográficos en áridos basálticos de Manabí, Ecuador.

Hugo Egüez. Centro Técnico del Hormigón. Guayaquil, Ecuador.

11:00-11:30: CAFÉ

11:30-12:00: Control técnico de los trabajos de estabilización del cerro Tamuga, Sector La Josefina, Provincia del Azuay. Jorge Velasco Valarezo. ENAMI. Quito, Ecuador.

12:00-12:30: Relaciones con el entorno social en explotaciones mineras.

César Luaces. FdA, España.

12:30-13:00: Lavado primario de áridos.

Juan Luis Bouso. Eral, Equipos y Procesos. Madrid, España.

13:00-14:30: ALMUERZO

14:30-15:00: Diez años de la Cátedra-Empresa CEMEX de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

José Luis Parra.- E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid, España.

15:00-15:30: Determinación de la precisión en la medida del módulo de elasticidad del hormigón en el laboratorio en el laboratorio de materiales de construcción de la PUCE según el ASTM c469.

Diana Sánchez Céliz. Guillermo Realpe Rivadeneira. PUCE, Quito, Ecuador.

15:30-16:00: CAFÉ

16:00-16:30: Norma ecuatoriana de la Construcción 2011.

Vinicio Andrés Suárez. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. Ecuador.

16:30-17:00: Normativa Europea de Áridos.

César Luaces y Juan Luis Bouso. ANEFA. España

17:00-18:00: FORO “Normalización”.

Moderador: Vinicio Andrés Suárez, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. Ecuador.

18:00-18:30: CLAUSURA DE LAS JORNADAS

18:30: COCKTAIL DE DESPEDIDA

RESÚMENES

ÍNDICE DE RESÚMENES

TÍTULO	AUTORES	PÁGINA
DESARROLLO DE CONTROLES DE CALIDAD BASADOS EN EL MÉTODO RIETVELD EN LA FÁBRICA "LA ROBLA TUDELA-VEGUIN" Y ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CLÍNKER	A.M. Castañón, S. García Granda, A. Guerrero, M.P. Lorenzo	
ARENA DE TRITURACIÓN CUARCÍTICA PROCESADA (PROCONCRETE, MR). INFLUENCIA DE SU CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES	Guillermo. V. Álvarez Javier Leggiero	
NUEVOS MATERIALES DE BASE YESO CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA	Ana Jiménez Rivero Ana De Guzmán Báez Justo García Navarro Mariano González Cortina Fernando Cacopardo María Inés Cusán Javier Leggiero Ariel Ondartz Rodolfo Rotondaro Mónica Ruggiero César Luaces Frades César Luaces Frades César Luaces Frades	
TECNOLOGÍAS SOCIALES PARA EL HÁBITAT POPULAR EN EL MARCO DE UN MODELO DE GESTIÓN UNIVERSIDAD -EMPRESA: PRUEBA PILOTO CANTERAS YARAVÍ S. A. - UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA	César Luaces Frades	
GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS 2010 RELACIONES CON EL ENTORNO SOCIAL EN EXPLOTACIONES MINERAS	César Luaces Frades	
ÁRIDOS PARA BALASTO Y SUBBALASTO	César Luaces Frades	
PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA TÉCNICA Y ORGANIZATIVA DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS	César Luaces Frades	
NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN	César Luaces Frades	
ANÁLISIS DE PARÁMETROS DINÁMICOS Y ESTÁTICOS EN LA PROSPECCIÓN DE ÁRIDOS. CASO PRÁCTICO: CANTERA DE ARCILLAS EN MADRID (ESPAÑA)	Domingo Alfonso Martín Sánchez Cosme Rafael Pérez-Puig Obieta Jesús María Díaz Curiel Jorge Luis Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Dulce Gómez-Limón Galindo Adolfo Núñez Fernández José Luis Parra Y Alfaro Eva Martínez Caraballo Ignacio Redruello Almandoz Justo García Navarro J.M. García De Miguel M. Esteban Benito J.A. Ramírez Masferrer P. Morillas González	
ACTIVIDADES DE LA CÁTEDRA EMPRESA ANEFA DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID	Gastón Proaño Cadena	
EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES Y PROCESOS EN EL MANTENIMIENTO DE UNA SECCIÓN DE AUTOPISTA EN ESPAÑA.	Jorge Castilla Gómez Juan Herrera Herbert	
MORTEROS HISTÓRICOS DE SANTA EULALIA DE BÓVEDA (LUGO)		
APLICACIÓN DE HORMIGÓN MASIVO EN LA RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA PUERTO INCA -MOLLETURO - CUENCA, EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR		
MODELIZACIÓN DE PARÁMETROS DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO MINERO: LA VOLADURA COMPUTERIZADA.		

ÍNDICE DE RESÚMENES

TÍTULO	AUTOR/ES	PÁGINA
CONTRIBUCIÓN DE LA ZEOLITA NATURAL A LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DE CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES	Jorge L. Costafreda Mustelier Benjamín Calvo Pérez José Luis Parra Y Alfaro	
CONTROL TÉCNICO DE LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN DEL CERRO TAMUGA, SECTOR LA JOSEFINA, PROVINCIA DEL AZUAY	Jorge Velasco Valarezo	
DIEZ AÑOS DE LA CÁTEDRA-EMPRESA CEMEX DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID	José Luis Parra Y Alfaro	
EL HIDROCICLÓN DE FONDO PLANO EN LA CLASIFICACIÓN DE ARENAS	Juan Luis Bouso Aragonés	
LAVADO PRIMARIO DE ÁRIDOS	Juan Luis Bouso Aragonés	
LA FORESTACION EN CANTERAS PROVEEDORAS DE ARIDOS PARA EL HORMIGON ELABORADO: PRIMER PASO EN LA MINIMIZACION DE IMPACTOS Y LA GESTION SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS.	Javier Leggiero Mónica Ruggiero Julio Luis Del Río	
RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR SOCIAL Y AMBIENTAL DE FANGOS ARCILLOSOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARENAS DE TRITURACIÓN APLICABLES A LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES EN EL SUDESTE BONAERENSE.	Javier Leggiero Mónica Ruggiero Jorge Iacono Julio Luis Del Río	
INNOVACIONES TÉCNICAS EN LAS PLANTAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS	L.Fueyo J.A. Butragueño D. Gomez Limón A.Rodriguez-Avello	
APLICABILIDAD DE LAS ZEOLITAS COMO REGULADOR DE FRAGUADO	María Aranzazu Diez Esteban Jorge Luis Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Domingo Alfonso Martín Sánchez Mercedes B. Rosell Lam	
INFLUENCIA DE LA ADICION DE ZEOLITA EN LAS PROPIEDADES MICRO Y MACROESTRUCTURALES EN PASTAS Y MORTEROS.	Jorge L. Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Benjamín Calvo Pérez	

DESARROLLO DE CONTROLES DE CALIDAD BASADOS EN EL MÉTODO RIETVELD EN LA FÁBRICA “LA ROBLA TUDELA-VEGUÍN” Y ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CLÍNKER

A.M. Castañón⁽¹⁾, S. García Granda⁽²⁾, A. Guerrero⁽³⁾, M.P. Lorenzo⁽⁴⁾

(1) E.S.T. I. de Minas. Universidad de León, c/ Jesús Rubio 2, 24004 León; amcasg@unileon.es.

(2) Facultad de Química. Universidad de Oviedo, c/ Julián Clavería 8, 33006 Oviedo.

(3) Instituto Ciencias de la Construcción “Eduardo Torroja”, CSIC, C/ Serrano Galvache, 4, 28033 Madrid.

(4) Facultad de Farmacia. Universidad San Pablo-CEU. Campus de Montepríncipe. Urb. Montepríncipe. 28668 Boadilla del Monte, Madrid, España.

RESUMEN

Con el objetivo de implantar un método de control de calidad de forma continua en la fábrica de cementos de “La Robla Tudela-Veguín”, para mejorar las características del producto final, se están desarrollando nuevas metodologías de caracterización. El método de Rietveld (Esteve, V. 2006), se ha utilizado para analizar la composición de las fases principales del clinker. Se ha realizado un primer control, sobre la composición de las fases (ICSD 2008-1), más adecuadas. Una vez puesto a punto el método, se ha establecido el protocolo de control en el laboratorio. La toma y análisis de muestra se realiza cada hora, registrándose los resultados de forma continua, con el objetivo de correlacionarlos con la calidad del clinker.

Como explotación complementaria de esta información, se ha llevado a cabo un estudio para cuantificar adecuadamente, el contenido de cal libre, por el método Rietveld, con resultados satisfactorios a partir de contenidos del 3%. Estos resultados han sido posibles combinando adecuadamente las técnicas de difracción y fluorescencia de rayos-x, así como el análisis por vía química.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de la morfología cristalina del clinker utilizando las técnicas de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido y observando la diferencia morfológica de las fases Alita y Belita.

Palabras clave: Clíinker, método Rietveld, control de calidad, microscopía.

ABSTRACT

In order to improve the final characteristics of the final product, a new continuous quality control method was implemented in the cement work “La Robla Tudela-Veguín”. New methodologies related to detail description have been developed. Rietveld, (Esteve, V. 2006) method was carried out to analyze the main phases of the clinker. The first control was performed on the composition of the more appropriated phases (Inorganic Crystal Structure Data (ICSD 2008-1). After optimization of the method, a protocol was established for laboratory control. Sampling and analyzing the sample was performed and recorded every hour to relate to the quality of the clinker.

A complementary study was carried out to quantify the content of free lime by Rietveld method obtaining satisfactory results when values are over 3%. These results were possible after adequate combination of diffraction and X-R fluorescence techniques and chemical analysis.

A study of glass morphology of the clinker was performed by optical and electronic sweep microscopy. Morphology differences were observed in Alite and Belite phases with both techniques.

Key words: Clinker, Rietveld method, Quality Control, Microscopy

ARENA DE TRITURACIÓN CUARCÍTICA PROCESADA (PROCONCRETE, MR). INFLUENCIA DE SU CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES

Guillermo. V. Álvarez (1), Javier Leggiero (2)

(1) Coarco S.A, Av. Belgrano 1683, Ciudad de Buenos Aires, Argentina,

E-mail: galvarez@coarco.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina,

E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

INTRODUCCIÓN

Los agregados pétreos, finos y gruesos tienen gran importancia en las características del Hormigón Elaborado (H^o E^o) constituyendo su estructura granular y ocupan aproximadamente entre 70-80 % del volumen del hormigón.

La buena calidad de los agregados genera un esqueleto granular que garantiza un hormigón resistente que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

En este objetivo de mejora continua Canteras Yaraví S.A. ofrece al mercado un producto controlado, obtenido a través de un proceso sistematizado en su etapa productiva y en sus controles de calidad.

La inclusión de un porcentaje de Arenas Finas de trituración cuarcítica lavada (PROCONCRETE) en las dosificaciones de hormigón se debe a diversos factores.

NUEVOS MATERIALES DE BASE YESO CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA

Ana Jiménez Rivero ⁽¹⁾, Ana de Guzmán Báez ⁽¹⁾, Justo García Navarro ⁽¹⁾, Mariano González Cortina ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Grupo de Investigación Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria (giSCI). Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Agrónomos. Avda. Complutense 28040 Madrid, España.

E-mail: ana.jimenez.rivero@alumnos.upm.es; ana.deguzman@upm.es; justo.gnavarro@upm.es

⁽²⁾ Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid. E.U. Arquitectura Técnica. Avda. Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid, España.

E-mail: mariano.gonzalezc@upm.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es contribuir a la valorización del residuo de caucho sintético que proviene de coquillas aislantes de tuberías, estudiando su comportamiento formando parte del material compuesto escayola-caucho.

Para ello se ha elaborado un plan experimental que permite evaluar su idoneidad como material de construcción, caracterizando el nuevo compuesto desde el punto de vista físico-mecánico; peso desecado, dureza Shore C, resistencia a flexión y resistencia a compresión. Se han estudiado cuatro granulometrías de residuo de caucho, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-6 mm y 20-25 mm y distintos porcentajes de incorporación a la escayola, 1,25%; 2,50%; 5,00% y 7,50%, con una relación de agua/escayola de 0,76.

Los resultados de los ensayos muestran que a pesar de que las resistencias mecánicas disminuyen con la incorporación del caucho, se obtiene un material de baja densidad, existiendo buena compatibilidad entre el residuo de caucho y la matriz de escayola, distribuyéndose los granos de caucho uniformemente en las probetas.

Palabras clave: residuo de caucho, escayola, dureza Shore C, resistencia a flexión-compresión.

ABSTRACT

The aim of this paper is to contribute to the valorization of synthetic rubber wastes that come from pipe insulation shells, studying their behavior as part of a new composite gypsum-rubber material.

An experimental plan has been developed in order to assess its suitability as a construction material characterizing, the new compound from a physical and mechanical point of view; dry weight, Shore C hardness, flexure strength and compression strength.

Four particle size waste rubber, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-6 mm and 20-25 mm, and different rates of waste rubber additions to plaster, 1,25%; 2,50%; 5,00% and 7,50%, have been analyzed, with water/plaster ratio of 0.76.

The results show that although mechanical resistance decreases with the addition of rubber particles, a low density material is obtained, existing a good compatibility between the rubber waste and plaster matrix: rubber grains are evenly distributed in the specimens.

Keywords: rubber waste, plaster, Shore C hardness, flexure- compression strength.

TECNOLOGÍAS SOCIALES PARA EL HÁBITAT POPULAR EN EL MARCO DE UN MODELO DE GESTIÓN UNIVERSIDAD -EMPRESA: PRUEBA PILOTO CANTERAS YARAVÍ S. A. - UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

Fernando Cacopardo (1), María Inés Cusán (2), Javier Leggiero (3), Ariel Ondartz(4), Rodolfo Rotondaro (5), Mónica Ruggiero (6).

(1) Universidad Nacional de Mar del Plata, Consejo Nacional de Investigaciones científicas y tecnológicas (CONICET), Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: fcacopar@mdp.edu.ar

(2) Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: manes0000@gmail.com

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(4) Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: arielondartz@yahoo.com.ar

(5) Universidad Nacional de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). Buenos Aires. E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

(6) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtrgeoambiental@canterasyaravi.com.ar

RESUMEN

La cuestión que aborda este trabajo se inscribe en el marco más amplio del problema de la pobreza en Argentina y América latina. En ese sentido, se sitúa la indagación sobre aplicabilidad de áridos reciclados y de descarte en un marco de desarrollo local para espacios de alta vulnerabilidad social y cómo un aporte para el desarrollo de nuevas tecnologías para el hábitat y la vivienda popular.

Esta ponencia se propone contribuir a este campo a partir de la articulación de dos aspectos que se desarrollarán en respectivos apartados.

En primer lugar, lo técnico, investigar las condiciones de viabilidad técnica y productiva de áridos subproducto de los procesos de explotación, pertenecientes a las CUARCITAS DE LA FORMACIÓN BALCARCE. Se presentan distintas experiencias de emprendimientos territoriales como la elaboración de bloques cementicios, carpinterías y pilares para conexión eléctrica.

En segundo lugar, un modelo de gestión que se apoya en tres ejes: interdisciplina, cogestión interinstitucional y tecnologías sociales. A partir de esta prueba piloto de articulación entre la empresa Canteras Yaraví S. A., la Universidad Nacional de Mar del Plata y el barrio Monte Terrabusi del partido de General Pueyrredón, se propone a este proceso que favorece la autogestión, la asociatividad y los procesos participativos en los procesos productivos y de innovación tecnológica, como un modelo de gestión de desarrollo, posible de transferir a otros territorios pobres rurales o urbanos.

Palabras claves: áridos reciclados, vivienda social, cogestión interinstitucional

ABSTRACT

The issue analyzed by this work falls within a broader matter: poverty in Argentina and Latin America. In this regard, we study the use of recycled and waste aggregates for local development in high social vulnerability areas, and as a contribution to the development of new technologies for social habitat and housing. This presentation intends to make its contribution to its field by interconnecting two aspects to be analyzed in the corresponding sections.

Firstly, the technical aspect: investigate the technical and productive viability conditions of sub product aggregates from BALCARCE QUARSITE FORMATION exploitation processes. Different experiences based on territorial projects, such as the manufacturing of cement blocks, woodshops and pillars for electrical installations are evidenced.

In second place, a three-axis management model: interdisciplinary, co-management and social technologies. This interconnection pilot test among Canteras Yaravi S.A., the National University of Mar del Plata (*Universidad Nacional de Mar del Plata*) and the Monte Terrabusi neighborhood located in General Pueyrredon County, presents a process favoring self-management, associability and participation within the manufacturing and technological innovation processes. This structure is intended as a development management model which may be transferred to other underprivileged, rural or urban areas.

Key Words: recycled and waste aggregates, Popular Housing, co-management

GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. Españ.a Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

La industria extractiva de los áridos tiene entre sus objetivos el fomento y mejora de las prácticas encaminadas a compatibilizar las actividades productivas con la protección de los biotopos.

Por el desarrollo intrínseco de la propia actividad extractiva, se propicia la aparición de hábitats nuevos y diversificados donde, las especies animales y las vegetales encuentran refugio.

Cuando una explotación de áridos se explota y rehabilita adecuadamente, se desarrolla flora y fauna que ponen de manifiesto el potencial ecológico de la actividad. Además, muestra que la extracción de rocas y minerales no sólo no es perjudicial para su entorno, sino que puede ser beneficiosa cuando se gestiona convenientemente.

Las técnicas empleadas para proteger la biodiversidad deben estar adaptadas a cada situación y al tipo de hábitat existente. Es tarea de la empresa, determinar los procedimientos a aplicar en cada caso.

A través de la guía “Gestión de la Biodiversidad en Explotaciones de Áridos” elaborada por ANEFA, se ha facilitado a empresas, administraciones y otros colectivos, la adecuada interpretación de la legislación europea en materia de biodiversidad, ejemplos de buenas prácticas y una vía de información a las partes interesadas.

ABSTRACT

Aggregates industry has between its aims the promotion and improvement of good practices leading to the compatibility of industry activities with biotope protection.

The emergence of new and diversified habitats where fauna and flora find appropriate shelter, is inherent to extractive activity.

When an aggregates exploitation is well carried out and rehabilitated, fauna and flora are developed, showing not just the ecological potential of the activity but that minerals and rocks extraction could be more than innocuous, if well managed, beneficial to the area.

Is the company duty to determinate the appropriate adaptive to each situation and habitat techniques to apply to protect biodiversity.

On the Guide "Biodiversity Management on Aggregates Exploitations", companies, administrations and others can find adequate environmental European legislation interpretation, good practices examples and a good channel Information to interested parties.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS 2010

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. España. Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

El diagnóstico ambiental de las PYME del sector de los áridos 2010 forma parte del Programa Estratégico Integral para la Mejora de la Gestión Ambiental de las Pymes del Sector de los Áridos "GAP ÁRIDOS".

Su objetivo ha sido difundir la situación del sector en cuanto a actuaciones ambientales, recogiendo propuestas para resolver los problemas medioambientales relacionados con esta actividad, de modo que pueda ser un instrumento de ayuda interno de cada empresa para conseguir mejorar su gestión ambiental.

A través de los resultados del trabajo de campo efectuado por el equipo de especialistas, el análisis de los datos obtenidos y comparando con la información de la situación medioambiental de sector del año 2004, han podido extraerse una serie de conclusiones principales: las empresas del sector de los áridos han seguido una evolución positiva y coherente en sus actitudes y acciones ambientales, integrando la práctica totalidad de consideraciones ambientales que la sociedad actual demanda. Esto se refleja en la actitud proactiva frente al medio ambiente del 85% de las empresas de la muestra analizada. No obstante, lo más importante es el cambio sustancial identificado de la actitud de las empresas respecto al medio ambiente, el fin en sí mismo ya no es el cumplimiento de las obligaciones legales, sino "tender lazos con el entorno, colaborar", es decir, realizar la actividad de una manera sostenible.

ABSTRACT

Environmental diagnosis is part of the Integral Strategic Plan to Improve Environmental Management on Aggregates Sector SMEs "GAP ÁRIDOS".

The aim of this Plan is to spread the situation of aggregates sector regarding its environmental initiatives, collecting proposals to solve environmental problems related to this activity, as a tool for each company to improve its environmental management.

Trough the field work of the specialists team, the analysis of the data and comparison of environmental situation on 2004, some conclusions have merge: Aggregates industry companies had had a positive evolution, consistent with attitudes and acting, integrating all environmental considerations requested by society. The 85% of analyzed companies reflected a proactive attitude to environment. Nevertheless, the most important item is the essential change of attitude towards environment of the companies; having as objective not just working within the law, but building bridges with the vicinity and work on a sustainable way.

RELACIONES CON EL ENTORNO SOCIAL EN EXPLOTACIONES MINERAS

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. España Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

La promoción y desarrollo de unas buenas relaciones con el entorno, a día de hoy es una asignatura pendiente para muchas de las empresas del sector minero. Es necesario superar estas dificultades de comunicación, ya que las administraciones a nivel nacional e internacional están promoviendo el intercambio de opiniones entre empresas y grupos de interés como mecanismo para la resolución de conflictos.

Esta dificultad en el establecimiento de un diálogo fluido suele ser debido a: intereses contrapuestos (al menos en apariencia), desconocimiento mutuo, inseguridad jurídica, opacidad de la información, diferencia de lenguajes de comunicación, falta de interlocutores, carencia de mensajes a transmitir, etc.

Con objeto de poder ayudar a las empresas a mejorar sus pautas de actuación en cuanto al establecimiento de canales de comunicación fluidos, creíbles y estables con su entorno social, se ha desarrollado la Guía para las relaciones con el entorno social, diseñada para proporcionar argumentos, mensajes, canales, propuestas, pautas de actuación, herramientas y recursos de comunicación sencillos que estén al alcance de cualquier tipo de empresa, independientemente de cuál sea su estructura organizativa. Actuar adecuadamente en este ámbito es independiente de la dimensión y de los recursos de la empresa, siendo la voluntad de lograr el reconocimiento local y la sensibilidad hacia las posibles preocupaciones del entorno de las explotaciones, los factores determinantes.

ABSTRACT

Promotion and development of good relationship with the social environment is, nowadays an unresolved matter for many companies of Aggregates industry. It is imperative to overcome this communications handicaps, cause national and international administrations are promoting the opinions exchange among companies and interested groups as a tool of solving conflicts.

Difficulties to get an ongoing dialogue is generally due to: opposed interests; mutual ignorance, juridical uncertainty, Information opacity, difference of language, lack of speakers, lack of messages to transmit, etcetera.

The "Guide for social environment relations" has been developed to assist the companies to improve their acting lines to set smooth, reliable, and steady communication channels with the community.

This guide provides simple arguments, messages, channels, proposals, acting lines, tools and communication resources, within the reach of any company, regardless its structure. Appropriate acting on this field must not be bonded to size or means of the company, being the most important elements the receptivity to possible concerns of exploitations surroundings areas and the willing of reaching local recognition of the company.

ÁRIDOS PARA BALASTO Y SUBBALASTO

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n º 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail: cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

Dentro de los áridos, el balasto constituye un producto necesario e insustituible, tanto para la construcción de las nuevas Líneas de Alta Velocidad que se están llevando acabo en la actualidad, como para las labores de mantenimiento de la red ferroviaria de interés general.

El balasto debe de cumplir con una serie de características específicas para obtener el distintivo de Calidad ADIF para suministrar dicho material a la red ferroviaria.

ABSTRACT

Ballasts an important sort of aggregates, is a vital and necessary product, to the new high-speed train railways under construction nowadays, and also for general railways ordinary maintenance works.

To be used on railways, ballast must fulfil some specific characteristics to obtain the quality mark from ADIF (the Administrator of Railway Infrastructures, a state-owned company that answers to the Ministerio de Fomento)

Palabras clave : Balasto, subbalasto

PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA TÉCNICA Y ORGANIZATIVA DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n º 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail: cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

El siguiente proyecto es pionero en la industria mundial de los áridos, por su enfoque de mejora continua de la competitividad de las empresas.

El Plan se ha realizado dentro del proyecto: Identificación de necesidades tecnológicas y desarrollo de soluciones técnicas y organizativas para la mejora de la competitividad y el desarrollo sostenible para las PYME del Sector de los Áridos – PES Áridos, presentado en el marco de la convocatoria 2010 de ayudas del programa nacional de proyectos de innovación, de la línea instrumental de actuación de proyectos de I+D+i, del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, que engloba al subprograma de apoyo a la innovación de las pequeñas y medianas empresas (InnoEmpresa) para proyectos de carácter suprarregional y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea.

ABSTRACT

This project is first mover on Aggregates world industry, due to the approach of its companies of continuing competitiveness improvement.

The Plan has been carried out within the project "Identification of technological needs, and development of technical and organizational solutions for SMES-PES of aggregates sector", launched on the frame of 2010 national call on subsidies for innovative projects on the instrumental acting line of I+D+i, within the National Plan of Scientific Research, Development and Technological Innovation 2008-2011 which includes the supportive SMES (InnoEmpresa) subprogram for supra-regional projects co financed by the European Regional Development Fund (ERDF).

Palabras clave: Competitividad, Desarrollo Sostenible, Eficiencia

NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n º 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail: cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

El siguiente trabajo se ocupa de realizar una comparativa de las diferencias significativas existentes entre la Directiva en vigor y el RPC, a través del cual se fijan las condiciones para la introducción en el mercado de los productos de construcción, de acuerdo con sus características y el uso sobre el marcado CE.

ABSTRACT

This work is a comparative of the noteworthy differences existing between the current Directive and the new CPR Construction Products Regulation, which establishes new guidelines and conditions to the introduction of products for construction on the market, according to their characteristics and uses on CE conformity marking.

Palabras clave: Recursos naturales, sostenible, marcado CE, declaración de prestaciones

ANÁLISIS DE PARÁMETROS DINÁMICOS Y ESTÁTICOS EN LA PROSPECCIÓN DE ÁRIDOS. CASO PRÁCTICO: CANTERA DE ARCILLAS EN MADRID (ESPAÑA)

Domingo Alfonso Martín Sánchez⁽¹⁾, Cosme Rafael Pérez-Puig Obieta⁽¹⁾, Jesús María Díaz Curiel⁽¹⁾, Jorge Luis Costafreda Mustelier⁽¹⁾ y José Luis Parra y Alfaro⁽¹⁾

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Dpto. Ingeniería Geológica. Calle Ríos Rosas 21, Madrid, España. E-mail: domingoalfonso.martin@upm.es; cosmeperezpuig@gmail.com; j.diazcuriel@upm.es; costafreda@yahoo.es ; joseluisparra@upm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se hace una valoración de los recursos existentes en una explotación de áridos estudiando parámetros dinámicos mediante técnicas geofísicas y parámetros estáticos mediante ensayos de caracterización de arcillas en laboratorio. Esta doble actuación obedece a la nueva normativa aplicada a las explotaciones mineras en las que se indica la necesidad de la realización de un informe geotécnico incluido dentro de la valoración arqueológica de la explotación. Para ilustrar este "modus operandi" se ha elegido un caso práctico real: una explotación sita en el municipio de Torres de la Alameda, Madrid (España).

En cuanto al análisis de los parámetros dinámicos se ha realizado una campaña de prospección geofísica utilizando Corriente Continua mediante la técnica de los Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.). La selección de los lugares de prospección ha obedecido a criterios estadísticos apoyados en las observaciones de la geología de superficie y las características morfológicas de la explotación.

La aplicación de los S.E.V. ha permitido determinar la distribución en profundidad de los diferentes niveles geoelectrónicos del área estudiada, además de la distribución de resistividades en cada uno de los niveles.

Para el estudio de parámetros estáticos se realizó una investigación de las características geotécnicas del terreno mediante la realización de calcatas geomecánicas y ensayos de penetración dinámica además de ensayos de caracterización de muestras.

Dicha información, conjuntamente con las descripciones sobre las muestras obtenidas, han permitido realizar una caracterización fiable y barata de los recursos presentes en la zona de estudio.

ABSTRACT

This paper makes an assessment of existing resources in an aggregates exploitation by studying dynamic parameters with geophysical techniques and static parameters with laboratory tests. This double performance reflects the new mining operations standards in Madrid, the duty of geotechnical studies and an archeological valuation of the exploitation. To illustrate this "modus operandi" a real case study is shown: a mine located in the municipality of Torres de la Alameda, Madrid (Spain).

The analysis of dynamic parameters has been done with a geophysical prospection campaign. The selected method has been the vertical electrical soundings (V.E.S.) with direct current. The selection of survey sites has resulted from statistical criteria supported by surface geology observations and the morphology of the exploitation.

ACTIVIDADES DE LA CÁTEDRA EMPRESA ANEFA DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID

Dulce Gómez-Limón Galindo⁽¹⁾, Adolfo Núñez Fernández⁽²⁾, José Luis Parra y Alfaro⁽³⁾

(1) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Rios Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: dulce.gomezlimon@upm.es.

(2) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Rios Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: adolfo.nunez.fernandez@upm.es.

(3) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Rios Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: jose Luis.parra@upm.es

RESUMEN

La Cátedra ANEFA de Tecnología de Áridos, es una de las Cátedras Universidad-Empresa de la E.T.S de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Fue creada hace diez años y está patrocinada por ANEFA (Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos).

Desde su creación se han realizado numerosas actividades, fundamentalmente de formación en materias del sector de los áridos, tanto a los alumnos de los últimos cursos de la Escuela de Minas, como a alumnos de postgrado que quieran una actualización de conocimientos, incorporando los últimos avances tecnológicos. Esta última formación se realiza de forma semipresencial, empleando una plataforma de Internet de la UPM para seguimiento de la enseñanza no presencial.

También se han realizado cursos y jornadas de uno o dos días de duración, en temáticas de actualidad e interés para los profesionales y empresarios del sector. Así como impartición de conferencias en diferentes foros universitarios, profesionales o escolares.

Otra actividad importante es el fomento y apoyo a la investigación dentro del sector de los áridos.

ABSTRACT

The ANEFA Chair of Technology of aggregates, it is one of the University-Company Chairs of the School of Mines of the Polytechnical University of Madrid. It was created ten years ago and it is supported by ANEFA.

From its creation have been realized a lot of activities, training of students of the last courses of mining engineer and postdegree that want to increase the knowledge of the matter, incorporating the last technological advances. This postdegree training is realized of form b-learning, using an internet support of the UPM, that allows the follow-up of the training not presencial.

Also others short courses have been realized, in subject of current and interest for the professionals of the aggregates sector. So as conferences in academic forums.

Another important activity is to promote and support research in the aggregates sector.

Palabras clave: Cátedras Universidad-Empresa, tecnología de áridos, formación, investigación, University-Company Chairs, technology of aggregates, training, researching

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES Y PROCESOS EN EL MANTENIMIENTO DE UNA SECCIÓN DE AUTOPISTA EN ESPAÑA

Eva Martínez Caraballo⁽¹⁾, Ignacio Redruello Almandoz⁽²⁾ y Justo García Navarro⁽³⁾

(1)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: emcaraballo@yahoo.com

(2)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: nacho.redruello@gmail.com

(3)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: justo.gnavarro@upm.es

RESUMEN

La evaluación energética de una autopista nos lleva a conclusiones muy interesantes sobre la importancia del correcto uso de materiales y procesos en todo su ciclo de vida. Varios estudios afirman que la etapa de mantenimiento es la que gasta más energía. (Stripple, H. 1993 y Thenoux, G *et al.* 2006) Este estudio llega a cuantificar la energía consumida en los materiales y procesos, usando un ejemplo de una unidad de dos carriles de autopista, en la fase de mantenimiento.

Para realizar el estudio, se ha definido un escenario tipo, con valores medios para España. Al tener un autopista un sistema tan complejo, se ha dividido en unidades funcionales UF, con un grado menor de complejidad y con similares características morfológicas y energéticas.

Para este estudio se ha elegido la UF con mayor repercusión energética por su mayor uso en una autopista, el tronco. Formada por dos carriles por sentido, con 10m de ancho de firme y un kilómetro de medida de longitud.

El objetivo es conocer el consumo energético asociado a todos los materiales y las acciones debidas al mantenimiento y conservación de una autopista, en toda la vida útil de la infraestructura, que se estima y se justifica en 50 años.

Los resultados del estudio son bastante claros, sólo hay dos capítulos con un peso elevado en el consumo energético: iluminación con un 17% y con un porcentaje mayoritario, las reposiciones de firmes 78%. El resto de capítulos tienen un porcentaje inferior a 2%.

ABSTRACT

The energetic evaluation of a highway leads to some interesting conclusions about the impact of proper use of materials and processes throughout their lifecycle. Several studies claim that the maintenance phase has the most energy consumption. (Stripple, H. 1993 and Thenoux, G. *et al.* 2006). This study reaches the quantification of the energy consumed in the materials and processes during the maintenance phase, using an example of a two-lane highway unit.

For the study, we have defined a scenario, with average values for Spain. Knowing that a highway is a complex system, it has been divided in small pieces called Functional Units, with a lower degree of complexity and with the same morphological and energetic characteristics.

For this study, we have chosen the UF with more energy implication of the highway. It is formed with two lanes for each direction, 10 m wide and one kilometer as the measure of length.

The final aim is to determine the energy associated with the materials and maintenance actions of a highway in the entire life of an infrastructure, estimated and justified in 50 years.

The study results are fairly clear; there are two chapters with the high energy influence: lighting 17% and with a majority, pavement rehabilitation 78%. The remaining chapters have a ratio below 2%.

Palabras clave: Eficiencia energética, autopista, ACV, mantenimiento.

MORTEROS HISTÓRICOS DE SANTA EULALIA DE BÓVEDA (LUGO)

J.M. García de Miguel¹, M. Esteban Benito¹, J.A. Ramírez Masferrer¹, P. Morillas González¹

*1 Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Geológica.
Universidad Politécnica de Madrid (ESPAÑA)*

RESUMEN

Con el fin de establecer las características composicionales de las muestras de mortero de distinta fases constructivas del templo de Santa Eulalia de Bóveda. El presente escrito expone los resultados obtenidos en laboratorio, presentando especial atención a la relación árido/aglomerante y a la composición del aglomerante, para establecer una correlación estratigráfica de los mismos.

Palabras clave: mortero, aglomerante, árido

APLICACIÓN DE HORMIGON MASIVO EN LA RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA PUERTO INCA –MOLLETURO – CUENCA, EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Gastón Proaño Cadena⁽¹⁾

*(1)Escuela Superior Politécnica del Litoral. Prosperina Km. 30.5 vía Perimetral. Guayaquil. Ecuador.
E-mail: gproano@espol.edu.ec*

RESUMEN

La carretera Puerto Inca – Molleturo – Cuenca, es una de las vías más grandes para el enlace entre las ciudades de Guayaquil y Cuenca. A esta vía tiene acceso directo el tráfico que viene del sector suroeste del país. El trazado de la carretera interviene formaciones geológicas de origen volcano-sedimentarias y rocas intrusivas de tipo granito, estando todas ellas muy alteradas y tectonizadas.

Durante los últimos 20 años la superficie de rodadura de la carretera estaba conformada por carpeta asfáltica que cada año requería reparación y una necesaria sustitución. Las características de los materiales que conformaban la capa de rodadura y las condiciones del clima, favorecían al proceso de deterioro de la carpeta asfáltica.

El actual Gobierno del Ecuador para dar una solución que garantice el tráfico de forma ininterrumpida y evitar los costos de reparación anual de esta importante vía, decidió construir la carretera con la colocación de una carpeta de hormigón masivo.

El estudio de los materiales utilizados en la fabricación del hormigón masivo como los agregados de río, tipo de cemento, calidad del agua y control de la temperatura de fraguado, es el tema central de este trabajo. El estudio de los materiales que participan en la mezcla del hormigón masivo, colocación, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y trabajabilidad del mismo, es la contribución del presente artículo.

ABSTRACT

The Puerto Inca - Molleturo - Cuenca is one of the greatest ways for the link between the cities Guayaquil and Cuenca. This accessed via the traffic that comes from the southwest sector. In the course of the wings involved road type formations volcano-sedimentary and granite-type intrusive rocks that are very emotional.

Over the past 20 years the rolling surface of the road consisted of asphalt each year and necessary repairs required replacement, the characteristics of the materials that make up the pavement and weather conditions contribute to the process of deterioration in the folder asphalt.

The Government of Ecuador to a solution that ensures uninterrupted traffic and avoid the costs of repairing this important road, decided to build the road with the placement of a rigid pavement folder.

The experience of the use of the materials involved in the mix of rigid pavement, placement, field tests, laboratory tests and workability of it is part of this article.

The materials used in the mixture corresponds to the river sand, river gravel aggregates, Portland cement type, water quality and temperature controlled setting is the central theme of

the presentation. Currently the road is operational and in the first year after construction to monitor the behaviour is continuous.

MODELIZACIÓN DE PARÁMETROS DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO MINERO: LA VOLADURA COMPUTERIZADA.

Jorge Castilla Gómez⁽¹⁾, Juan Herrera Herbert⁽¹⁾

*(1) Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. E.T.S. de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Alenza 4, 28003. Madrid (España)
E-mails: jorge.castilla@upm.es, juan.herrera@upm.es*

RESUMEN

El proceso de extracción minera por perforación y voladura es el primer paso para la obtención de la mayor parte de los áridos y para la fabricación de los materiales de construcción. Por tanto, es de vital importancia la obtención de una materia prima de calidad al coste más competitivo posible. En este trabajo se establece una metodología para la optimización de voladuras a cielo abierto, empleando herramientas para obtener los datos más precisos y poder conocer cualitativa y cuantitativamente los parámetros reales de voladura. Así, se establecen tres fases de trabajo: Herramientas para el diseño de voladura; herramientas para la monitorización y herramientas para el análisis de resultados. Con la conjunción de estas tres fases y la correcta interpretación de los resultados, se puede obtener un resultado óptimo en el proceso minero, puesto que será posible mejorar la fase de perforación optimizando el número de barrenos y la fase de voladura, asegurando un adecuado comportamiento del explosivo en términos de energía y secuenciación. Los medios empleados se basan en la adquisición de datos mediante técnicas láser, monitorización digital de la voladura y medios de simulación y predicción de resultados mediante análisis informáticos de los datos obtenidos. Además, se consigue controlar las afecciones medioambientales de las voladuras, tales como vibraciones, proyecciones y onda aérea. La metodología descrita es un sistema cíclico de modo que los resultados obtenidos en la fase de análisis, servirán como datos de partida de voladuras posteriores. Así se logra el concepto de voladura computerizada.

ABSTRACT

Drilling and blasting mining process is the first stage of aggregates extraction for construction materials manufacturing. So, obtaining a high quality, cheap and competitive products are so important. In this paper an open pit blasting optimization methodology is described, using several tools to get the most accurate data to know and quantify the actual blasting parameters. Thus, three phases are established: blast design tools, monitoring tools and analysis tools. Merging those three phases, and through a right results interpretation, an optimum mining process results can be obtained. Thereby, a right borehole drilling pattern could be designed to ensure a correct blasting performance, both in energy distribution and timing. Tools used are based on using laser techniques, digital blast monitoring and simulation and prediction software. Thus, environmental effects can be managed properly, such as vibrations, flyrock and airblast. Methodology described consists on a cyclic method, and data obtained in each stage can be used as a next stage feedback. Using that methodology, computerized blast can be achieved.

Palabras clave: Minería, voladura, simulación, monitorización, optimización, análisis.

CONTRIBUCIÓN DE LA ZEOLITA NATURAL A LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DE CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES

Jorge L. Costafreda Mustelier ⁽¹⁾, Benjamín Calvo Pérez ⁽¹⁾ y José Luis Parra y Alfaro ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Calle de Ríos Rosas, 21 28003. Madrid, España, E-mail: costafreda@yahoo.es; benjamin.calvo.perez@gmail.com y jose Luis.parra@upm.es

RESUMEN

Aunque actualmente son conocidas por su multifuncionalidad, las zeolitas naturales siguen ofreciendo nuevos retos a los investigadores, por su adaptación, prácticamente ilimitada, en campos multidisciplinarios que abarcan la salud, nanotecnología, agroindustria, la química y otros muchos. La composición relativamente sencilla de estos minerales, sumada a su gran estabilidad físico-química y sus propiedades diversas, entre las que descuellan su carácter como intercambiador iónico, los convierten en un centro de atención de la moderna tecnología.

El presente trabajo pretende dar testimonio de lo comentado mediante la exposición de resultados de investigación sobre el papel de las zeolitas naturales en el incremento de las resistencias mecánicas de cementos, morteros y hormigones en diferentes etapas, que van desde periodos muy tempranos (2 días) hasta muy tardíos (365 días). Varias especies de zeolitas fueron estudiadas en el presente trabajo, entre ellas: *mordenita-esmectita*, *mordenita-heulandita*, *clinoptilolita-heulandita*, *cuarzo-estilbita* y *tobas zeolitizadas*. Las tareas planteadas en esta investigación comprenden, por una parte, la caracterización de las zeolitas por varios métodos, y por otra, la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las probetas en las cuales entraron a formar parte. Los resultados obtenidos permitieron establecer la calidad y la durabilidad de las probetas, y sentar las bases para una consideración profunda de las posibilidades de uso intensivo de estos minerales en la mejora de materiales de construcción.

Palabras clave: zeolitas naturales, cementos, morteros, hormigones, resistencias mecánicas

ABSTRACT

Although the natural zeolites are nowadays known by their versatility, they continue offering new challenges to the researcher, propitiated for their adaptation, practically limitless, in diverse fields as the health, nanotechnology, agroindustry, the chemistry among other many. The relatively simple composition of these minerals, added to their great physical-chemistry stability and other properties, mainly their ion-exchanger character, designate these minerals as an important strategic material in the modern technology.

This paper gives some testimonies about results obtained from investigation on cements, mortar and concretes elaborated with certain portions of natural zeolites, as well as their incidence in the mechanical strength at different times (from 2 to 365 days). In this work several zeolites species were studied: *mordenite-smectite*, *mordenite-heulandite*, *clinoptilolite-heulandite*, *quartz-stilbite* and *zeolitized tuffs*. The targets of this work comprise

the zeolite characterization according several methods, as well as the determination of physical, mechanical and chemical properties of mortar. The obtained results allowed to establish the quality and the durability of the mortar, and to sit down the bases for a deep consideration of the possibilities of intensive use of these minerals in the improvement of construction materials.

Key words: Natural zeolites, cement, mortar, concrete, mechanical strength

CONTROL TECNICO DE LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN DEL CERRO TAMUGA, SECTOR LA JOSEFINA, PROVINCIA DEL AZUAY

Jorge Velasco Valarezo⁽¹⁾

*(1) Empresa Nacional Minera ENAMI EP. Av. República E7-263 Y Diego de Almagro. Quito. Ecuador.
E-mail: jorgevelascovalarezo@yahoo.es.*

RESUMEN

Uno de los mayores deslizamientos de tierras que registra la historia del Ecuador, ocurrió el 29 de Marzo de 1993, en el sector La Josefina, provincia del Azuay . Aproximadamente 30 millones de m³ de rocas, represaron los ríos Cuenca y Jadán tributarios del río Paute, acumulándose alrededor de 200 millones de m³ de agua La inundación y el violento desfogue del embalse, afectó la vida de la población y causó enormes pérdidas materiales, así como transformo la morfología del sector.

Los estudios de mitigación y restauración de la zona, elaborados por misiones técnicas y consultores especializados, definieron los planes maestros de estabilización geológica e hidrogeológica tanto del cerro Tamuga como del cauce del río Paute. Los trabajos de estabilización descritos en dichos planes fueron ejecutados por el Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute. Medidas complementarias, como prohibir asentamientos humanos y la actividad minera de materiales de construcción, han ayudado a disminuir el nivel de riesgo.

Los trabajos de estabilización en el cerro Tamuga no han concluido, en la primera etapa se estabilizó el talud frontal y la segunda contempla el reperfilamiento del talud del cerro, calculándose obtener tres millones de m³ de material. Dado lo sensible de esta etapa, es necesario el monitoreo y control sistemático del comportamiento de toda el área inestable, actividades que la Empresa Nacional Minera colabora brindando asesoría técnica y realizando el análisis de mercado de los usos de los materiales de construcción que se obtengan del proceso.

ABSTRACT

One of the largest landslides in recorded history of Ecuador, occurred on March 29, 1993, at the La Josefina, province of Azuay. Approximately 30 million cubic meters of rocks, Jadan and Paute rivers were dammed tributaries of the Paute river, with about 200 million cubic meters of accumulating water. The flooding and violent venting of the reservoir affected the lives of people and huge material losses transformed the morphology of the sector.

Studies on mitigation and restoration of the area, prepared by consultants and technical missions defined master plans for geological and hydrological stability, both of Mount Tamuga as Paute riverbed. The stabilization works described in those plans were implemented by the Water Management Board of the Paute Basin. Measures such as prohibiting human settlements and mining of construction materials have helped to reduce the level of risk.

The stabilization works on the hill Tamuga have not been completed yet, in the first stage, frontal slope was stabilized and the second includes the reprofiling of the slope of the hill, calculated to get three million cubic meters of material. Due the sensitivity of this stage, it is necessary systematically monitoring and controlling the behavior of the entire unstable area, activities that the National Mining Company collaborates to provide the technical advice and makes market analysis of the uses of construction row materials obtained from this process.

Palabras claves: Control estabilización Josefina

DIEZ AÑOS DE LA CÁTEDRA-EMPRESA CEMEX DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID

José Luis Parra y Alfaro⁽¹⁾

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ríos Rosa, 21. 28003 Madrid. España. joseluis.parra@upm.es. Subdirector de Ordenación académica de la E.T.S. de Ingenieros de Minas-UPM. Coordinador de la Cátedra-Empresa CEMEX

RESUMEN

La Cátedra CEMEX de Tecnología de Cementos, Hormigones y Morteros es una de las Cátedras Universidad-Empresa de la E.T.S de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Fue creada hace diez años y está patrocinada por CEMEX España.

En estos diez cursos ya cumplidos de vida la Cátedra ha llevado a cabo diversas actividades, entre las que destaca la organización de un curso de formación para estudiantes de la ETSI Minas, en cuya impartición participan diversas entidades, además de técnicos de la propia empresa.

Asimismo, se han realizado proyectos de investigación aplicada, algunos muy innovadores, con participación de los estudiantes, en el marco de su política de facilitar prácticas en empresa y en muchos casos la realización de proyectos fin de carrera.

Todo lo anterior ha permitido la incorporación en estos años a la plantilla de CEMEX España de numerosos profesionales formados en la ETSI Minas, los cuales se han integrado en diversos departamentos de la empresa.

Palabras clave: Cátedras Universidad-Empresa, Tecnología de Cementos, Hormigones y Morteros, Formación, Investigación.

EL HIDROCICLÓN DE FONDO PLANO EN LA CLASIFICACIÓN DE ARENAS

Juan Luis Bouso Aragonés⁽¹⁾

(1) Eral, Equipos y Procesos, S. A. Calle Toledo, 153. 28005 Madrid. España.
E-mail: jlbouso@eralgroup.com

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las aplicaciones de los áridos, el árido fino es el de mayor importancia, pues participa en una proporción muy significativa, especialmente en la elaboración de hormigones hidráulicos y asfálticos.

De todos los áridos, el árido fino 0.063/6 mm es el que tiene un mayor espectro granulométrico, es decir la relación **D/d** entre sus tamaños de partícula mayor y menor, con un valor de 6, mientras que en los áridos gruesos, por ejemplo 6/12 mm, 12/19 mm o 19/25 mm, dicha relación es siempre inferior a 2. Esto reviste especial importancia en relación a las especificaciones técnicas, y es por ello que las del árido fino son más estrictas que las de los áridos gruesos. De hecho todas las normativas de áridos vigentes detallan la distribución granulométrica interna de la arena, dividiéndola generalmente en 8 fracciones, marcadas por los tamices: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm y 0.063 mm, por ejemplo, en la normativa europea EN 146121 vigente, y la instrucción española EHE: 98.

LAVADO PRIMARIO DE ÁRIDOS

Juan Luis Bouso Aragonés⁽¹⁾

*(1) Eral, Equipos y Procesos, S. A. Calle Toledo, 153. 28005 Madrid. España.
E-mail: jlbouso@eralgroup.com*

INTRODUCCIÓN

Comienza a ser frecuente en el procesamiento de minerales encontrarse con yacimientos en los que la presencia de un elevado contenido de arcilla dificulta y llega a impedir a veces el tratamiento.

La presencia de arcilla en los yacimientos, ha comenzado a darse con cierta frecuencia, sin duda porque, por razones fáciles de entender, los mejores yacimientos ya fueron tratados por nuestros antecesores, o bien porque la presión ambiental obliga a tratar yacimientos alejados de zonas urbanas, para disminuir el impacto ambiental todo lo posible, y ello obliga a las empresas mineras a tratar minerales, estén donde estén, con las condiciones impuestas por la naturaleza, cosa que hace tan solo unos pocos años era impensable.

Un alto contenido de arcilla genera problemas en las etapas primarias del proceso de tratamiento, muy especialmente en las fases de trituración primaria y secundaria. Los equipos de alimentación, debido a la plasticidad de la arcilla que envuelve a las fracciones gruesas del mineral procedente del yacimiento, no funcionan adecuadamente, y ello da origen a un régimen de alimentación muy variable, que los equipos de trituración y cribado no pueden absorber.

En ocasiones en la fase de alimentación se generan atascos que llegan a interrumpir la misma por largos periodos de tiempo, mientras que en otros momentos, ante la ausencia de arcilla, la alimentación alcanza valores muy elevados, imposibles de aceptar por la planta.

En estos casos, cuando la naturaleza y el contenido de arcilla en el material a tratar provocan este tipo de problemas, se hace necesario dotar a las plantas de una fase de lavado primario que permita separar la arcilla, e inclusive en algunos casos eliminarla, para permitir la marcha normal de las fases siguientes de trituración, molienda y concentración.

Entrar en una fase de lavado significa entrar en un proceso vía húmeda, con todo lo que eso lleva involucrado, y en consecuencia el lavado primario deberá de ir acompañado de otra serie de procesos unitarios, clasificación, recuperación de la fracción fina, clasificación de las arcillas y en caso necesario eliminación de las mismas, y finalmente podría llegar a ser necesario introducir una etapa de clarificación de aguas y espesamiento de las arcillas o finos eliminados, es decir estaremos contemplando un proceso global de mayor complejidad que un simple lavado.

LA FORESTACION EN CANTERAS PROVEEDORAS DE ARIDOS PARA EL HORMIGON ELABORADO: PRIMER PASO EN LA MINIMIZACION DE IMPACTOS Y LA GESTION SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS.

Javier Leggiero⁽¹⁾, Mónica Ruggiero⁽²⁾, y Julio Luis del Río⁽³⁾.

(1) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtrgeoabiental@canterasyaravi.com.ar

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: julioluisdelrio@gmail.com

RESUMEN

El reconocimiento de los efectos ambientales sobre el paisaje que se producen en la producción primaria de áridos para la elaboración de hormigones tiene una respuesta eficaz a partir de una sólida y comprometida política ambiental que presenta a un diversificado menú de intervenciones forestales.

Estas intervenciones se orientan a la internalización de criterios ambientales mediante la capacitación del personal en temas de reproducción, cuidado y mantenimiento forestal.

Interacciones con establecimientos educativos técnicos e implantaciones estético productivas enmarcadas en programas oficiales de promoción forestal.

Palabras claves: Explotación de Áridos, Forestación, Política Ambiental

ABSTRACT

Environmental effects on the landscape -resulting mainly from primary aggregate production for concrete manufacturing, find an effective response based on a solid and committed environmental policy. This policy is displayed through diverse forestation works.

Forestation works are aimed to the incorporation of environmental criteria through staff training in areas concerning forest reproduction, care and maintenance.

The project involves interaction with schools and esthetic and productive planting under government forestation promotion programs.

Key Words: Aggregate Exploitation, Forestation, Environmental Policy.

RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR SOCIAL Y AMBIENTAL DE FANGOS ARCILLOSOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARENAS DE TRITURACIÓN APLICABLES A LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES EN EL SUDESTE BONAERENSE.

Javier Leggiero ⁽¹⁾, Mónica Ruggiero ⁽²⁾, Jorge Iacono ⁽³⁾, y Julio Luis del Río ⁽⁴⁾.

(1) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtrgeoambiental@canterasyaravi.com.ar

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: jjacono@canterasyaravi.com.ar

(4) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: julioluisdelrio@gmail.com

RESUMEN

El uso de arenas naturales en la producción de hormigones encuentra en el mediano plazo una tendencia sustitutiva por arenas de trituración en particular en el litoral Atlántico Bonaerense.

Sin embargo para obtener arenas de trituración de la calidad necesaria es esencial someter a los finos a un riguroso proceso de lavado que elimine las fracciones limo arcillosas que los acompañan. La eficiencia de este proceso a la vez que produce arenas de cuarzo de buena calidad genera un fango enriquecido en arcillas.

En función de estas cualidades se ha generado un grupo interinstitucional sinérgico que promueve la recuperación ambiental y los trabajos solidarios y asociativos de la comunidad para la fabricación de cerámicas artesanales que se inscribe en las políticas ambientales y de responsabilidad social empresarial.

Palabras clave: hormigón, arenas de trituración, fangos arcillosos, cerámicas artesanales, puesta en valor social y ambiental.

ABSTRACT

In the medium term, natural sands for concrete manufacturing tend to be substituted by crushing sands; particularly in the Atlantic Littoral of the Province of Buenos Aires.

However, in order to obtain suitable crushing sands, the fine-aggregates must undergo a rigorous washing process to eliminate lime and clay fractions within. The efficiency of this process produces high quality quartz sands and –at the same time, clay-rich sludge.

These properties have given rise to a multi-institutional synergic group promoting environmental recovery and solidary and inter-organizational works within the community for handcrafted ceramic fabrication. This work is especially in line with environmental and corporate social responsibility policies.

Key Words: concrete, crushing sands, clay-rich sludge, handcrafted ceramics, social-environmental awareness.

INNOVACIONES TÉCNICAS EN LAS PLANTAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS

L.Fueyo⁽¹⁾, J.A. Butragueño⁽²⁾, D. Gomez Limón⁽³⁾, A.Rodriguez-Avello⁽³⁾

⁽¹⁾ Fueyo Consultores. Calle Torrelaguna 127, posterior. Madrid 28043. España. E-mail: luisfueyo@fueyoconsultores.com

⁽²⁾ FLSmidth Minerals. Carretera de la Coruña, km 17,8. 28232 Las Rozas. Madrid. España.

⁽³⁾ Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Minas. Rios Rosas 23. 28003 Madrid. España. E-mail: dulce.gomezlimon@upm.es; angel.rodriguezavello@upm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las técnicas habituales utilizadas en las plantas de tratamiento de RCD, y las últimas tendencias para conseguir productos de mayor calidad, así como el mercado de estos productos. Tras el análisis del rendimiento de estas operaciones, se presentan los trabajos de investigación que se están realizando en los laboratorios de la ETSI Minas de Madrid, tendentes a mejorar la calidad de algunos productos y así poder abastecer nuevos mercados de obra civil y construcción. En particular se introduce la aplicación de los sistemas de separación gravimétrica con aparatos de impulsión hidráulica (jigs), similares a los utilizados en la concentración de minerales y rocas industriales.

ABSTRACT

The subject of this paper is to overview the current unit operations used in the RCD processing plants, and last tendencies in order to get better quality products, thus opening new markets for such materials. A consideration on the efficiency of the operations is shown, and the consequent research work developed at the Laboratories of the ETSI Minas in Madrid, looking for the best practice to obtain high quality products for new civil and construction markets. As an innovation, it is introduced the application of hydraulic separation systems (jigs), similar to those used in mineral and rock processing.

Palabras clave: RCD, Separador hidráulico, jig.

APLICABILIDAD DE LAS ZEOLITAS COMO REGULADOR DE FRAGUADO

María Aranzazu Diez Esteban⁽¹⁾, Jorge Luis Costafreda Mustelier⁽²⁾, José Luis Parra y Alfaro⁽²⁾ y Domingo Alfonso Martín Sánchez⁽²⁾

(1)Atlas Copco S.A.E. Avenida José Garate, 3. Pol. Ind. De Coslada, 28823 Coslada, Madrid. (mariaaranzazu_diezesteban@hotmail.com); (2)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. C/ Ríos Rosas, 21. 28003. Madrid. (costafreda@yahoo.es), (jose Luis.parra@upm.es) y (domingoalfonso.martin@upm.es)

RESUMEN

El presente trabajo propone sustituir la proporción que corresponde al yeso en un cemento pórtland por zeolita natural, a fin de regular el fraguado de la pasta en condiciones más o menos similares a las ordinarias, y obtener igualmente resistencias mecánicas aceptables. Los criterios seguidos en esta investigación tienen su base en la propiedad de las zeolitas como intercambiadores iónicos, mediante la cual pueden saturarse de agua rápidamente, controlando la humedad de la pasta, y neutralizando así la reacción del C3A con el Ca(OH)_2 ; de este modo, “ralentizan” el fraguado durante un período de tiempo lo suficientemente adecuado como para facilitar la hidratación óptima de los silicatos, principalmente los bicálcicos, con la formación de variedades secundarias más estables, como la tobermorita. Las resistencias mecánicas obtenidas en esta investigación alcanzaron los 59,3 Mpa a los 28 días. Asimismo, los ensayos para la determinación de los tiempos de inicio y final de fraguado arrojaron resultados de 95 y 135 minutos, respectivamente, mientras que la expansión resultó igual a cero en todos los casos.

Palabras claves: zeolitas, yeso, fraguado, cemento, resistencia

ABSTRACT

This work proposes to substitute the proportion of gypsum on cement by natural zeolite, in order to regulate the forged of the mortar under conditions more or less similar to the ordinary ones, and to obtain high mechanical strength. The approaches used in this investigation have been focused on the zeolites property as ion-exchanger, by means of which it can be quickly saturated itself with water, controlling the humidity inside mortar, and neutralizing the reaction of both, the C_3A and Ca(OH)_2 ; this way, zeolites diminishes the forged speed during an appropriate time in which it allows the complete hydrate of the silicates, mainly the belite, with the formation of secondary more stable varieties, as tobermorite. The mechanical strength obtained in this investigation reached 59,3 Mpa at 28 days. Also, the tests for the determination of the times of starting-final forged have reported results of 95 and 135 minutes, while the volume stability was similar to zero in all the cases.

Key words: zeolites, gypsum, forged, cement, strength.

INFLUENCIA DE LA ADICION DE ZEOLITA EN LAS PROPIEDADES MICRO Y MACROESTRUCTURALES EN PASTAS Y MORTEROS

Mercedes B. Rosell Lam⁽¹⁾; Jorge L. Costafreda Mustelier⁽²⁾; José Luis Parra y Alfaro⁽²⁾ y Benjamín Calvo Pérez⁽²⁾.

(1)Centro Técnico para el Desarrollo de Materiales de Construcción. Ciudad Habana, Cuba (mercedesr@ctdmc.co.cu); (2)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid, (costafreda@yahoo.es); (joseluis.parra@upm.es) y (benjamin.calvo.perez@gmail.com).

RESUMEN

Las adiciones activas en los hormigones son cada día más usuales, no solo debido a razones económicas, sino porque los efectos que se desarrollan son beneficiosos para las prestaciones del hormigón, léase durabilidad y resistencias mecánicas. En Cuba ha sido frenada al no existir fuentes como las tradicionalmente conocidas y comercializadas como es cenizas volantes y las micro sílices (silica fume o fly ash).

El desarrollo de estudios de algunos minerales industriales nacionales de génesis ígnea como los vidrios volcánicos, tobas vítreas o zeolitas han demostrado su actividad puzolánica. Es conocido que la zeolita tiene actividad puzolánica desde la época romana, y actualmente se utilizan en el mundo para la producción de cementos mezclados, sin embargo la experiencia cubana es el precedente de su uso como adición activa a hormigones.

Se han realizado investigaciones a diferentes escalas del uso de adiciones de zeolita en tecnologías de prefabricado, premezclado y pretensado que han demostrado las mejoras en las prestaciones.

El presente trabajo explica el aumento de las prestaciones antes demostradas mediante el estudio de los cambios microestructurales, tanto de composición química como en la morfología de los productos de hidratación formados, a partir de análisis por microscopia electrónica de barrido y microanálisis por espectroscopia de dispersión de energía de rayos X en pasta de cemento y cemento + zeolita comparativamente.

ABSTRACT

The use of mineral admixture in concretes have been increased all over the world, because To improve the properties of concrete (highly mechanical strength and resistant to environmental effects) economically.

In Cuba there is not sources of mineral admixture such fly as or silica fume, then the researcher has showed the pozzolanic activity of some minerals as the volcanic glasses, vitreous tuffs or zeolites.

From the roman time have been known the zeolites as puzzolanic materials, and up to date, it is used in several countries for the blended cements production, however the first experience as mineral admixture in concretes was in Cuban. It was studies in different concrete technologies with excellent result referred to performance.

This work explains the increase of performances with the zeolites use as mineral admixture by the study of the of chemical composition, the morphology changes of the hydration products formed by Scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometer microanalysis in cement and cement + zeolite paste and mortar.

TRABAJOS AMPLIADOS

ÍNDICE DE TRABAJOS AMPLIADOS

TÍTULO	AUTORES	PÁGINA
DESARROLLO DE CONTROLES DE CALIDAD BASADOS EN EL MÉTODO RIETVELD EN LA FÁBRICA "LA ROBLA TUDELA-VEGUIN" Y ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CLÍNKER	A.M. Castañón, S. García Granda, A. Guerrero, M.P. Lorenzo	
ARENA DE TRITURACIÓN CUARCÍTICA PROCESADA (PROCONCRETE, MR). INFLUENCIA DE SU CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES	Guillermo. V. Álvarez Javier Leggiero	
NUEVOS MATERIALES DE BASE YESO CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA	Ana Jiménez Rivero Ana De Guzmán Báez Justo García Navarro Mariano González Cortina Fernando Cacopardo María Inés Cusán Javier Leggiero Ariel Ondartz Rodolfo Rotondaro Mónica Ruggiero César Luaces Frades César Luaces Frades César Luaces Frades	
TECNOLOGÍAS SOCIALES PARA EL HÁBITAT POPULAR EN EL MARCO DE UN MODELO DE GESTIÓN UNIVERSIDAD -EMPRESA: PRUEBA PILOTO CANTERAS YARAVÍ S. A. - UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA	César Luaces Frades	
GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS 2010 RELACIONES CON EL ENTORNO SOCIAL EN EXPLOTACIONES MINERAS	César Luaces Frades	
ÁRIDOS PARA BALASTO Y SUBBALASTO	César Luaces Frades	
PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA TÉCNICA Y ORGANIZATIVA DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS	César Luaces Frades	
NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN	César Luaces Frades	
ANÁLISIS DE PARÁMETROS DINÁMICOS Y ESTÁTICOS EN LA PROSPECCIÓN DE ÁRIDOS. CASO PRÁCTICO: CANTERA DE ARCILLAS EN MADRID (ESPAÑA)	Domingo Alfonso Martín Sánchez Cosme Rafael Pérez-Puig Obieta Jesús María Díaz Curiel Jorge Luis Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Dulce Gómez-Limón Galindo Adolfo Núñez Fernández José Luis Parra Y Alfaro Eva Martínez Caraballo Ignacio Redruello Almandoz Justo García Navarro J.M. García De Miguel M. Esteban Benito J.A. Ramírez Masferrer P. Morillas González	
ACTIVIDADES DE LA CÁTEDRA EMPRESA ANEFA DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID	Gastón Proaño Cadena	
EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES Y PROCESOS EN EL MANTENIMIENTO DE UNA SECCIÓN DE AUTOPISTA EN ESPAÑA.	Jorge Castilla Gómez Juan Herrera Herbert	
MORTEROS HISTÓRICOS DE SANTA EULALIA DE BÓVEDA (LUGO)		
APLICACIÓN DE HORMIGÓN MASIVO EN LA RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA PUERTO INCA -MOLLETURO - CUENCA, EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR		
MODELIZACIÓN DE PARÁMETROS DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO MINERO: LA VOLADURA COMPUTERIZADA.		

ÍNDICE DE TRABAJOS AMPLIADOS

TÍTULO	AUTOR/ES	PÁGINA
CONTRIBUCIÓN DE LA ZEOLITA NATURAL A LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DE CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES	Jorge L. Costafreda Mustelier Benjamín Calvo Pérez José Luis Parra Y Alfaro	
CONTROL TÉCNICO DE LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN DEL CERRO TAMUGA, SECTOR LA JOSEFINA, PROVINCIA DEL AZUAY	Jorge Velasco Valarezo	
DIEZ AÑOS DE LA CÁTEDRA-EMPRESA CEMEX DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID	José Luis Parra Y Alfaro	
EL HIDROCICLÓN DE FONDO PLANO EN LA CLASIFICACIÓN DE ARENAS	Juan Luis Bousó Aragonés	
LAVADO PRIMARIO DE ÁRIDOS	Juan Luis Bousó Aragonés	
LA FORESTACION EN CANTERAS PROVEEDORAS DE ARIDOS PARA EL HORMIGON ELABORADO: PRIMER PASO EN LA MINIMIZACION DE IMPACTOS Y LA GESTION SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS.	Javier Leggiero Mónica Ruggiero Julio Luis Del Río	
RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR SOCIAL Y AMBIENTAL DE FANGOS ARCILLOSOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARENAS DE TRITURACIÓN APLICABLES A LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES EN EL SUDESTE BONAERENSE.	Javier Leggiero Mónica Ruggiero Jorge Iacono Julio Luis Del Río	
INNOVACIONES TÉCNICAS EN LAS PLANTAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS	L.Fueyo J.A. Butragueño D. Gomez Limón A.Rodríguez-Avello María Aranzazu Díez Esteban	
APLICABILIDAD DE LAS ZEOLITAS COMO REGULADOR DE FRAGUADO	Jorge Luis Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Domingo Alfonso Martín Sánchez Mercedes B. Rosell Lam	
INFLUENCIA DE LA ADICION DE ZEOLITA EN LAS PROPIEDADES MICRO Y MACROESTRUCTURALES EN PASTAS Y MORTEROS.	Jorge L. Costafreda Mustelier José Luis Parra Y Alfaro Benjamín Calvo Pérez	

DESARROLLO DE CONTROLES DE CALIDAD BASADOS EN EL MÉTODO RIETVELD EN LA FÁBRICA “LA ROBLA TUDELA-VEGUÍN” Y ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CLÍNKER

A.M. Castañón⁽¹⁾, S. García Granda⁽²⁾, A. Guerrero⁽³⁾, M.P. Lorenzo⁽⁴⁾

(1) E.S.T. I. de Minas. Universidad de León, c/ Jesús Rubio 2, 24004 León; amcasg@unileon.es.

(2) Facultad de Química. Universidad de Oviedo, c/ Julián Clavería 8, 33006 Oviedo.

(3) Instituto Ciencias de la Construcción “Eduardo Torroja”, CSIC, C/ Serrano Galvache, 4, 28033 Madrid.

(4) Facultad de Farmacia. Universidad San Pablo-CEU. Campus de Montepríncipe. Urb. Montepríncipe. 28668 Boadilla del Monte, Madrid, España.

RESUMEN

Con el objetivo de implantar un método de control de calidad de forma continua en la fábrica de cementos de “La Robla Tudela-Veguín”, para mejorar las características del producto final, se están desarrollando nuevas metodologías de caracterización. El método de Rietveld (Esteve, V. 2006), se ha utilizado para analizar la composición de las fases principales del clinker. Se ha realizado un primer control, sobre la composición de las fases (ICSD 2008-1), más adecuadas. Una vez puesto a punto el método, se ha establecido el protocolo de control en el laboratorio. La toma y análisis de muestra se realiza cada hora, registrándose los resultados de forma continua, con el objetivo de correlacionarlos con la calidad del clinker.

Como explotación complementaria de esta información, se ha llevado a cabo un estudio para cuantificar adecuadamente, el contenido de cal libre, por el método Rietveld, con resultados satisfactorios a partir de contenidos del 3%. Estos resultados han sido posibles combinando adecuadamente las técnicas de difracción y fluorescencia de rayos-x, así como el análisis por vía química.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de la morfología cristalina del clinker utilizando las técnicas de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido y observando la diferencia morfológica de las fases Alita y Belita.

Palabras clave: Clíinker, método Rietveld, control de calidad, microscopía.

ABSTRACT

In order to improve the final characteristics of the final product, a new continuous quality control method was implemented in the cement work “La Robla Tudela-Veguín”. New methodologies related to detail description have been developed. Rietveld, (Esteve, V. 2006) method was carried out to analyze the main phases of the clinker. The first control was performed on the composition of the more appropriated phases (Inorganic Crystal Structure Data (ICSD 2008-1). After optimization of the method, a protocol was established for laboratory control. Sampling and analyzing the sample was performed and recorded every hour to relate to the quality of the clinker.

A complementary study was carried out to quantify the content of free lime by Rietveld method obtaining satisfactory results when values are over 3%. These results were possible

after adequate combination of diffraction and X-R fluorescence techniques and chemical analysis.

A study of glass morphology of the clinker was performed by optical and electronic sweep microscopy. Morphology differences were observed in Alite and Belite phases with both techniques.

Key words: Clinker, Rietveld method, Quality Control, Microscopy

INTRODUCCIÓN

Para predecir las prestaciones finales del clínker y de los cementos, es necesario realizar análisis mineralógicos de sus fases. En la industria cementera, se utilizan los cálculos de Bogue (Bogue, R.H. 1929), para estimar la composición mineralógica a partir de los análisis elementales obtenidos por fluorescencia de rayos-x (FRX). Sin embargo, presentan problemas bien conocidos, debidos principalmente a la ausencia de un equilibrio termodinámico en el horno de clinkerización. (Miguel A. G. Aranda et al. 2003). En la fábrica de cementos “La Robla Tudela-Veguín” se está utilizando el método de Rietveld (Rietveld, H.M. 1969), junto con difracción de rayos x en Polvo (DRXP), para realizar los Análisis Cuantitativos de Fases (ACF) del clínker.

En este estudio se ha utilizado el software X’Pert HighScore Plus. Para ello, se tiene que introducir en el programa la información de las estructuras cristalinas de todas las fases presentes antes de comenzar el refinamiento, para poder ajustar al difractograma experimental, el calculado y la línea base. Con la finalidad de minimizar la diferencia entre un difractograma calculado y el difractograma experimental, el parámetro a minimizar en el método de Rietveld es:

$$R = \sum w_i |Y_i(0) - Y_i(c)| \quad (1)$$

Donde $Y_i(0)$ e $Y_i(c)$ son las intensidades observadas y calculadas respectivamente en el punto i -ésimo del conjunto de datos, y w_i es el peso asignado a ese dato.

Las múltiples fases presentes en el clínker producen un modelo de difracción complejo con un alto número de reflexiones. El modelo es complicado por la presencia de muchas reflexiones superpuestas (Vanessa K. et al. 2006). Esto hace difícil obtener resultados significativos con las fases minoritarias en porcentaje de peso, por ejemplo, el contenido de cal libre donde se observa una diferencia al analizarlo por el método de Rietveld y por vía química.

En el laboratorio de la fábrica de cementos se ha implantado un sistema informático que analiza de forma continua los difractogramas obtenidos cada hora. Gracias a este control de calidad, se puede conocer la composición química y mineralógica del clínker. Además, se ha creado una base de datos donde se almacenan tanto los referentes a calidad como los de los parámetros del horno. Con esta herramienta, se ha optimizado el funcionamiento del proceso productivo de forma automática, en tiempo real.

Se ha completado este estudio con un análisis morfológico del clínker, identificando y analizando las fases más importantes, como son: silicato tricálcico y silicato dicálcico, utilizando las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM) y microanálisis de Rayos x.

MATERIALES Y MÉTODOS

Técnicas empleadas

Para realizar el control de calidad del clínker, y por tanto, para llevar a cabo el estudio y selección de las fases adecuadas, se ha hecho un estudio convergente utilizando diferentes técnicas, empleando, por una parte, un Difractómetro de RX, modelo CUBIX PRO AMT-ME/A sin monocromador y radiación de $\text{Cu K}\alpha_1$, y un equipo de Fluorescencia de Rayos-x, modelo MagiX, ambos de la casa Panalytical.

En el laboratorio de la fábrica, está instalado un equipo denominado POLAB AMT, que engloba tanto al DRxP como al FRx, quedando ambos integrados en la misma plataforma.

En las distintas etapas del proceso productivo, existe un sistema automático de toma de muestras, a través de un circuito neumático. El POLAB recibe de forma automática las muestras de clínker, y mediante un robot, se preparan, para ser analizadas. Para ello, en una primera etapa se muelen, se homogenizan, se añaden perlas de celulosa y se prensan para fabricar una pastilla que servirá para ser analizada simultáneamente en los dos equipos, por fluorescencia y difracción.

En los análisis realizados por FRX, la muestra es irradiada provocando la excitación de los elementos presentes, que al relajarse emiten las líneas espectrales características de los elementos que están presentes en ella. La intensidad de estas emisiones está relacionada con la concentración elemental en la muestra.

Para los análisis por DRXP, la identificación se realizó con ayuda del programa X'Pert HighScore Plus. El difractómetro DRXP es un equipo cuantitativo, utilizado frecuentemente en las fábricas. Tiene un detector X'celerator, que lee 128 elementos simultáneamente, a varios ángulos ($\approx 2,5^\circ$) y para cada elemento actúa de una forma distinta y se ajusta. La rendija de divergencia es automática. Se trata de un equipo con una configuración θ - θ ; con movilidad del tubo y el detector y no de la muestra.

Para realizar el análisis morfológico se ha utilizado un microscopio de barrido de la casa JEOL, modelo JSM-5400 scanning microscope.

Composición del clínker

La composición química de un clínker Pórtland típico es de 67% de CaO , 22% de SiO_2 , 5% de Al_2O_3 , 3% de Fe_2O_3 y de 3% de otros componentes.

La composición mineralógica del clínker está constituida por cuatro fases mayoritarias: Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) o alita (C_3S), silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) o belita (C_2S), aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) o (C_3A) y ferritoaluminato tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) o (C_4AF). También existen otras fases minoritarias, como sulfatos alcalinos, óxidos de calcio y de magnesio.

Una composición mineralógica típica de un clínker puede ser, 60% Alita, 20% de Belita, 6% de Aluminato, 12% de Ferritoaluminato cálcico y 2% de componentes minoritarios.

La Alita (C_3S) es el compuesto mayoritario del clínker, es decir, el que tiene mayor porcentaje en peso. En nuestro caso, después de un estudio exhaustivo, se ha elegido, de los siete polimorfos, la Alita Monoclínica M3, el grupo espacial Cm. Los parámetros más significativos se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de celda de la Alita

Parámetros de celda	
a (Å)	33.083 (8)
b (Å)	7.027 (2)
c (Å)	18.499(4)
α (°)	90
β (°)	94.12(2)
γ (°)	90

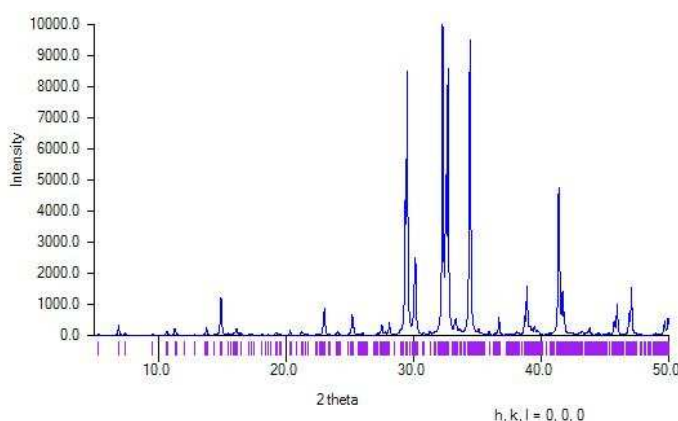


Figura 1. Superestructura monoclinica de la Alita (Fuente base de datos ICSD 64759)

De los cinco polimorfos de la belita (C_2S), en los clínkeres comerciales se encuentran en su forma- β (ICSD 81096). La belita reacciona lentamente con el agua y sus productos de hidratación aportan resistencias a largo plazo.

El aluminato tricálcico (C_3A) se suele encontrar en la forma cúbica CI (ICSD 1841). Para la fase ferritoaluminato tetracálcico (C_4AF), en este estudio, se utiliza la estructura con grupo espacial Ibm2 (ICSD 97926). Para la fase minoritaria CaO, se ha utilizado del ICSD Code 61550 y para la Aftitalita $K_3Na(SO_4)_2$, el ICSD Code 26018.

Método de trabajo

Para realizar el análisis por Rietveld, se ha utilizado un programa informático X'Pert HighScore Plus, utilizando las fases seleccionadas. En nuestro trabajo se han considerado las cuatro fases mayoritarias descritas y dos fases minoritarias, CaO y Aftitalita, introduciéndolas en el programa. Después de un estudio experimental se logran delimitar los rangos y se fijan los límites de convergencia de los parámetros.

Se inserta el difractograma que se quiere analizar, apareciendo los porcentajes de las fases seleccionadas, sin ningún refinamiento y con valores orientativos. A continuación se fija el Background y se comienza el refinamiento de los parámetros con un orden establecido. Los parámetros que se refinan y el orden será: el factor de escala, desplazamiento del cero, parámetros de red, parámetro W y orientación preferente. Al finalizar el refinamiento, los resultados son los porcentajes de las fases y unos factores del proceso que permiten identificar la calidad del clínker.

La calidad del refinamiento se evalúa a partir de los residuos, en las intensidades usando los factores de acuerdo, como son el R_{wp} o factor del difractograma ponderado (Weighted R profile), el R_p (R profile), la R_{Bragg} y un factor estadístico esperado, R_{exp} . Paralelamente se llevan a cabo controles periódicos, basados en el aspecto visual del ajuste del difractograma calculado con el experimental, y observando la gráfica que indica la diferencia entre ambos (Vanessa K. et al. 2006).

El CaO libre es un parámetro fundamental en el proceso de producción de un clínker Pórtland. Lo ideal es que el % sea cercano a cero; sin embargo, esto significaría que la temperatura de clinkerización habría sido muy alta, al igual que el tiempo de residencia en el horno. En estas condiciones el consumo energético sería muy alto. En nuestro trabajo, el porcentaje medio es del 0.7% en peso. Mediante el análisis de Rietveld es difícil obtener resultados significativos cuando los valores medios en peso son tan bajos.

Se realizó un estudio más exhaustivo de la microestructura y la composición del clínker mediante microscopía electrónica de barrido (backscattering) y microanálisis de Rayos x (BSEM/EDX), observando una diferencia en los cristales de la fase Alita y de Belita. Esto hace pensar que existan varios tipos de silicatos cálcicos, o con distintas morfologías, así como la fase fundente con diferente composición.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se han analizado más de 1000 difractogramas, obteniendo la composición química y mineralógica del clínker. Para realizarlos se ha utilizado el programa informático X'Pert HighScore Plus.

La composición química del clínker analizado por fluorescencia de las 1083 muestras, se recoge en la tabla 2, donde se obtiene una media de los resultados de todas las muestras estudiadas.

Tabla 2. Composición química media de los clínker analizados

Óxidos	Porcentajes (%)
CaO	65.35
SiO ₂ (total)	20.84
Fe ₂ O ₃ (total)	5.56
Al ₂ O ₃	3.25
Resto	5

De cada una de las muestras de clínker, tomadas cada hora, se obtiene un difractograma, como se puede observar en la Fig. 1. Es un ejemplo representativo de todos ellos.

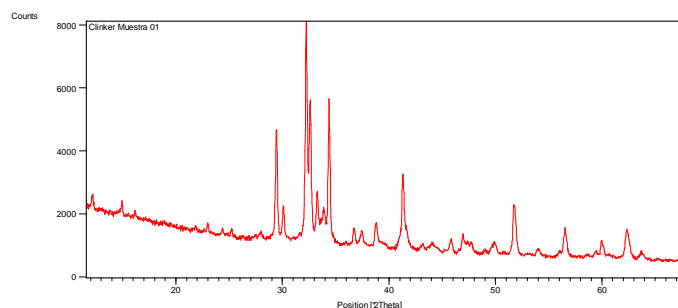


Figura 2. Ejemplo difractograma analizado (muestra 1)

Se introducen las fases mineralógicas descritas en el apartado 2.2. y se analiza por Rietveld, refinando los parámetros descritos en el apartado anterior, obteniendo los porcentajes en peso de las fases.

En la figura 3, además de obtener el análisis cuantitativo de fases, se representa la diferencia entre el difractograma calculado y el difractograma experimental.

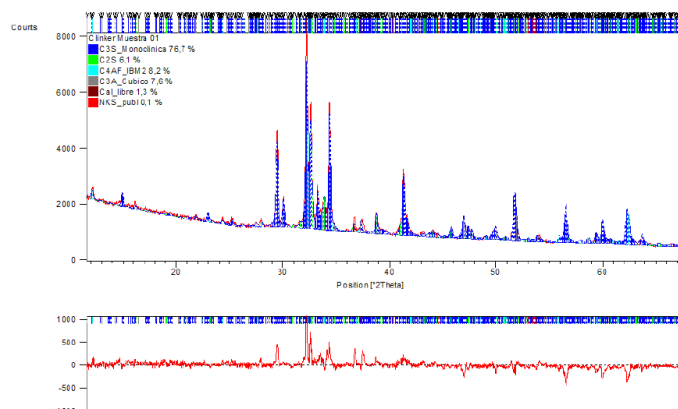


Figura 3. Resultado después de realizar el análisis por Rietveld. (Muestra 1)

En la tabla 3, se muestran los resultados mineralógicos de dos muestras representativas.

Tabla 3. Ejemplos representativos de dos muestras de clínker con sus fases mineralógicas

Fases	Muestra 1	Muestra 2
C ₃ S	76.7	78.8
C ₂ S	6.1	4.4
C ₃ A	7.6	8.0
C ₄ AF	8.2	8.3
Cal lb	1.4	0.5

El proceso de la elección del conjunto de fases más adecuado para el control de la calidad del clínker, requirió una gran cantidad de pruebas. En la tabla 4, se muestran, como ejemplo, los resultados obtenidos con uno de los conjuntos de fases descartados, donde se utiliza una fase diferente para el C_3S (M.A Gómez de la Torre. 2003). Las mayores discrepancias se observan en el % de la fase Belita.

Tabla 4. Resultados mineralógicos cambiando la fase de la Alita

Fases	Muestra 1	Muestra 2
C_3S	79,3	83,3
C_2S	4,5	0
C_3A	6,9	7,9
C_4AF	8	8,3
Cal lb	1,3	0,5

Fueron dos las razones por las que se descartó la validez de los resultados obtenidos con este conjunto de fases alternativo [7]:

Teóricamente, el C_2S no puede ser cero, como se observa en el diagrama ternario $CaO-Al_2O_3-SiO_2$.

Y además, el contenido de Belita es un parámetro relevante ya que aporta resistencia a largo plazo (>180 días) en los cementos.

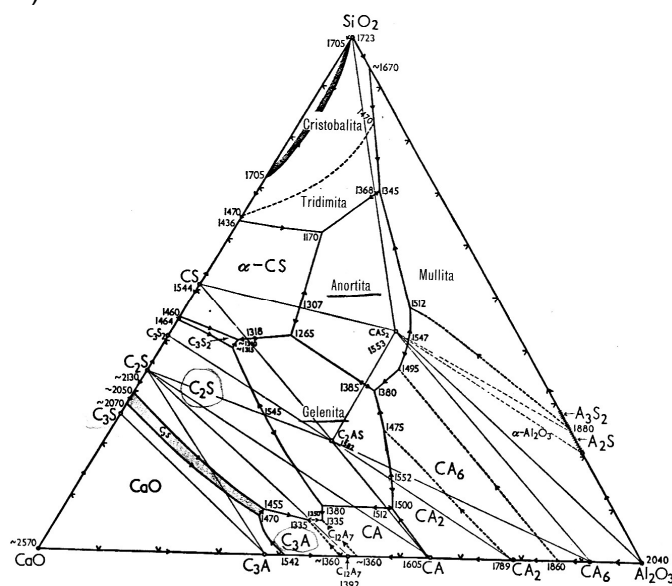


Figura 4. Diagrama ternario $CaO-Al_2O_3-SiO_2$

Variación de la cal libre

Se ha observado que para fases con porcentajes muy bajos (<3,5%), el método de Rietveld no es fiable. Por ello, para la fase de CaO donde los valores suelen ser bajos, se realiza paralelamente, un análisis por vía química para tener controlado este valor, debido a la importancia del mismo. Se ha observado experimentalmente que para porcentajes

superiores al 3,5% de Cal libre, los resultados calculados por difracción y químicamente son comparables y altamente coincidentes.

En la Figura 5, se relaciona la cal libre calculada mediante el método Rietveld y por vía química, ambos con la cantidad de Óxido de Calcio. Estos resultados se han obtenido con 2315 datos.

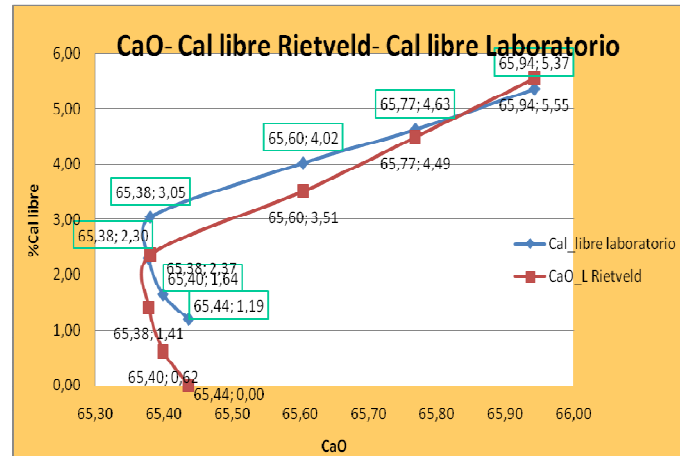


Figura 5. Relación entre CaO-Cal Libre por Rietveld-Cal libre vía química

3.2. Estudio morfológico del clínker

Se ha realizado un estudio de la microestructura y la composición de los mismos mediante microscopía electrónica de barrido (backscattering) y microanálisis de Rayos x (BSEM/EDX). (Castañón, A. M. 2011).

En las micrografías realizadas en las Figuras 6 y 7, se observan las fases cristalinas: silicato tricálcico o Alita (A) y silicato bicálcico o Belita (B), junto con la fase fundente ferrito-aluminato tetracálcico y aluminato tricálcico y cal libre, en los clínkeres de las muestras 1 y 2. Los microanálisis de rayos X, permiten conocer las composiciones exactas de todos los componentes determinados mediante microscopía electrónica.

En el clínker muestra 1 (C-1), Figura 6, se pueden ver grandes cristales angulares de Alita (A) bien definidos, con secciones rectangulares y hexagonales, con ángulos de 90° y 120°, respectivamente. Estos cristales coexisten con grupos de cristales de menor tamaño, pertenecientes a la fase belita (B).

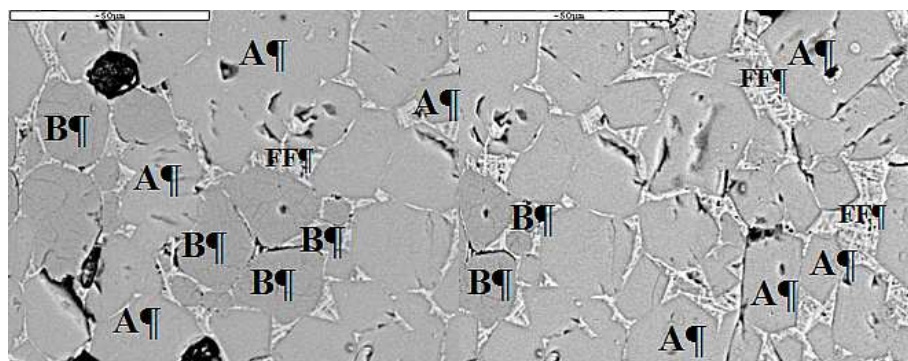


Figura 6. Micrografía del clínker C-1 (x 1000 aumentos)

Los microanálisis de rayos X de la muestra 1 (C-1), de las diferentes adquisiciones que se han realizado, aparecen recogidas en la Tabla 5. Como se puede observar, la fase Alita tiene una composición media de Si/Ca de 0.34, cercana a la teórica de 0.33. En cuanto a la fase belita, también está próxima a la teórica de 0.5; y para la fase C_4AF , la relación Fe/Ca tiene valores de 0.25, próximos al teórico, y respecto a la relación Al/Ca de 0.5, mayor del teórico, debido a la coexistencia de fase C_3A y C_4AF . Los microanálisis medios de la muestra 1, Figura 6, se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de los microanálisis medios de Rayos-X para el C-1

Clínker C-1			
Media	Si/Ca	Al/Ca	Fe/Ca
Alita	0,344	0,033	0,015
Belita	0,486	0,032	0,017
Ferrita	0,116	0,526	0,252

En la Figura 7, aparecen las micrografías de la muestra 2 (C-2), donde los cristales de Alita (A) presentan bordes redondeados perdiendo su carácter angular; en cuanto a los cristales de Belita (B), se observan dos tipos de Belita que podrían identificarse como Belita dendrítica (B_d) con salientes en los bordes del cristal, y una Belita con estructura más laminar, de tipo I. Esta microestructura está relacionada con las temperaturas de enfriamiento de este clínker, donde la temperatura de aire secundario a la entrada del enfriador es de unos $1000^{\circ}C$, frente a los $1100^{\circ}C$ que se alcanzan en el clínker muestra 1, así como también la diferencia de la Temperatura de Sinterización del Horno de $50^{\circ}C$, entre ambas muestras, siendo la temperatura de la muestra 1, de $1438^{\circ}C$ y la de la muestra 2 de $1386^{\circ}C$.

Los microanálisis de rayos x, de las diferentes adquisiciones que se han realizado, aparecen recogidas en la Tabla 6. Como se puede ver, la fase Alita tiene una composición media de Si/Ca de 0,36, más alejada de la teórica de 0,33 que el clínker C-1. En cuanto a la fase belita, es prácticamente la teórica de 0,5; y para la fase C_4AF , la relación Fe/Ca tiene valores superiores al teórico de 0,25, llegando a 0,28; y Al/Ca de 0,5, mayor del teórico, debido a la coexistencia de fase C_3A y C_4AF , hecho que también se observaba en el C-1. De la Figura 7, se recogen los microanálisis medios del clínker C-2, que aparecen en la Tabla 6.

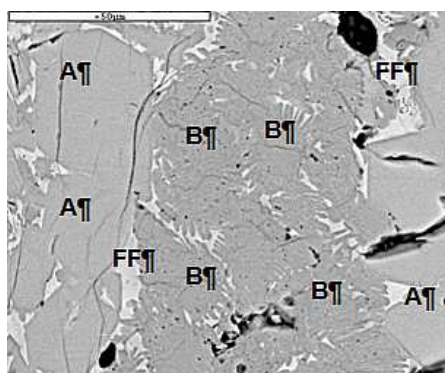


Figura 7. Micrografía del clínker C-2 (x1000 aumentos)

Tabla 6. Resultados de los microanálisis medios de Rayos-x para el C-2

Clínker C-2			
Media	Si/Ca	Al/Ca	Fe/Ca
Alita	0,359	0,014	0,008
Belita	0,503	0,028	0,014
Ferrito	0,111	0,504	0,287

CONCLUSIONES

En la fábrica de cementos “La Robla Tudela-Veguín” se ha puesto a punto un método de control de calidad del clínker, que se realiza de forma automática cada hora y está basado en la combinación de medidas de difracción y fluorescencia.

Se obtienen por fluorescencia los óxidos del clínker y por difracción de rayos-x, las fases mineralógicas del mismo, utilizando el método de Rietveld y llevándose a cabo una valoración de la calidad del clínker con relación a parámetros del proceso.

Para porcentajes bajos de cal libre, los resultados Rietveld no son fiables y se calculan por vía química. A partir del 3,5%, los resultados por ambas técnicas son similares, y el método Rietveld es perfectamente aplicable.

Se ha comprobado que existen diferencias en la morfología de las muestras y se ha realizado un estudio de la microestructura, observando que estas diferencias están íntimamente relacionadas con la variación de Temperaturas de Sinterización del Horno y de la Temperatura del aire secundario de entrada al enfriador.

BIBLIOGRAFÍA

Bogue, R.H. (1929). Industrial Engineering Chemistry. Analytical Edition.

Castañón, A. M. (2011). Tesis doctoral. Optimización del proceso de producción de clínker. Aplicación a la factoría de Tudela-Veguín. Universidad de León.

Esteve, V. (2006). “El método de Rietveld”, Ed.: Publicacions de la Universitat Jaume I.

Gómez de la Torre, M. A. (2003) Tesis doctoral “Estudio de cementos y materiales relacionados por el método de Rietveld”. Universidad de Málaga.

Inorganic Crystal Structure Data (ICSD) 2008-1.

Miguel A. G. Aranda, Ángeles G. de la Torre, Luís Palacios, María Teresa Blanco Varela, Isabel Pajares (2003). “Análisis mineralógico directo de cementos Pórtland por difracción de polvo. V Coloquio de directores y técnicos de fábricas de cemento”, Sevilla.

Rietveld, H.M. (1969). “A profile refinement method for nuclear and magnetic structures”, J. Appl. Crystallogr. 2, 65-71.

Taylor, H.F.W. (1997). Cement Chemistry. 2nd ed. London, Thomas Telford Ltd.

Vanessa K. Peterson, Abhi S. Ray, Brett A. Hunter. (2006). "A comparative study of Rietveld phase analysis of cement clinker using neutrón, laboratory X-ray, and synchrotron data". Powder Diffraction 21.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a la empresa Tudela-Veguín las facilidades y la financiación para llevar a cabo este trabajo.

ARENA DE TRITURACIÓN CUARCÍTICA PROCESADA (PROCONCRETE, MR). INFLUENCIA DE SU CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES

Guillermo. V. Álvarez (1), Javier Leggiero (2)

(1) Coarco S.A, Av. Belgrano 1683, Ciudad de Buenos Aires, Argentina,

E-mail: galvarez@coarco.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina,

E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

INTRODUCCIÓN

Los agregados pétreos, finos y gruesos tienen gran importancia en las características del Hormigón Elaborado (H^o E^o) constituyendo su estructura granular y ocupan aproximadamente entre 70-80 % del volumen del hormigón.

La buena calidad de los agregados genera un esqueleto granular que garantiza un hormigón resistente que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

En este objetivo de mejora continua Canteras Yaraví S.A. ofrece al mercado un producto controlado, obtenido a través de un proceso sistematizado en su etapa productiva y en sus controles de calidad.

La inclusión de un porcentaje de Arenas Finas de trituración cuarcítica lavada (PROCONCRETE) en las dosificaciones de hormigón se debe a diversos factores.

Tabla 1: Arenas limpias y bien graduadas permiten:

Menor cantidad de cemento	Mayor adherencia matriz pasta de cº -agregado
Menor demanda de agua	Mayor resistencia del hormigón endurecido
Menor posibilidad de fisuración	Mayor cohesión y trabajabilidad

MATERIALES Y MÉTODOS

El Proceso de Industrialización desarrollado por Yaraví S.A. para el lavado y tratamiento de lodo presenta las siguientes fases:

- a) Ingreso de Arena Trituración a Tolva de Carga.
- b) Proceso de Zarandeo y Lavado de Áridos.
- c). Sistema Silt Master. Manejo de residuos de agua con limos de 0 a 150 µ.
- d). Almacenamiento de Agua Limpia.

A. El agregado fino debe estar constituido por arenas naturales (partículas redondeadas) o por una mezcla de arenas naturales y arenas de trituración (partículas angulosas), estas últimas en porcentajes no mayores al 30%.

B. Se permite el empleo de arena de trituración en porcentajes mayores al indicado en "A", si se demuestra previamente que se pueden elaborar hormigones que reúnan las características y propiedades especificadas para la obra en ejecución.

Procesos de industrialización: El proceso cumple en todas sus fases los requerimientos ambientales, el uso de un circuito semicerrado y automatizado permite operar maximizando las utilidades de los recursos naturales (agua y áridos) y minimizando el impacto sobre el ambiente natural. La reutilización del agua genera un ahorro y aprovechamiento del recurso y elimina los residuos ambientales.

Gráfico 1: Proceso de Industrialización

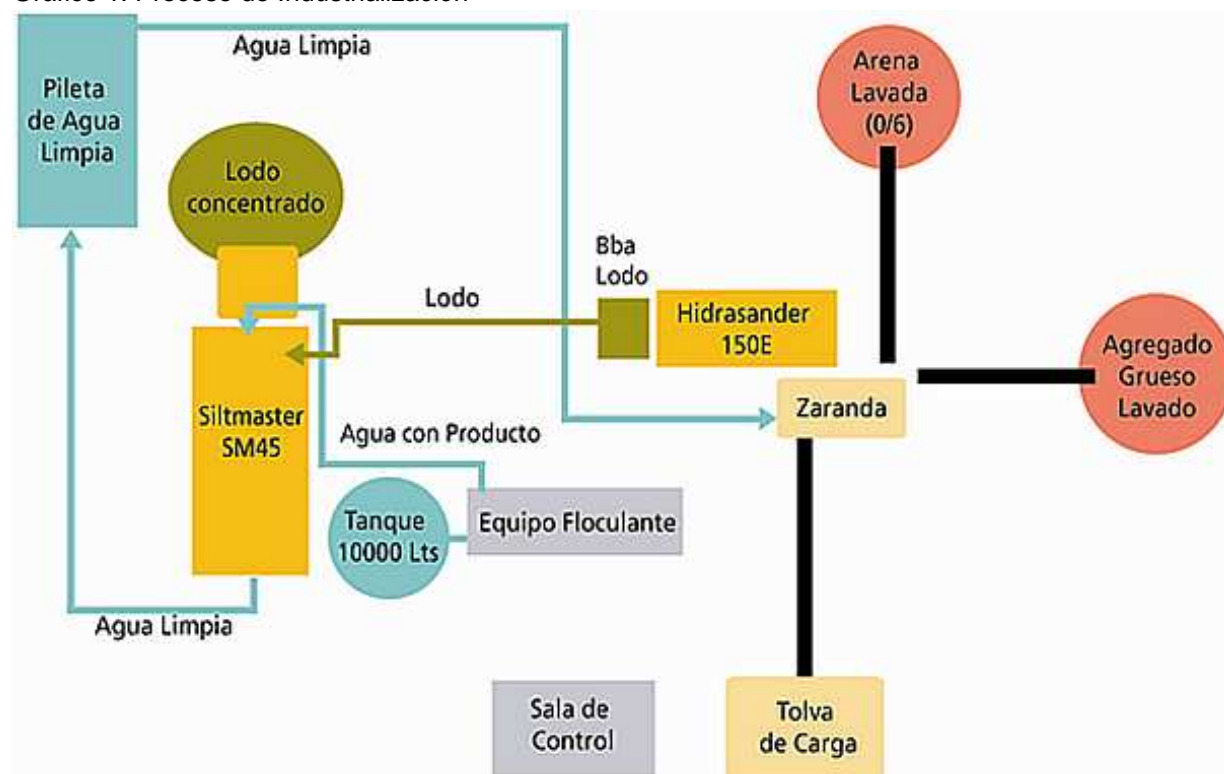


Tabla 2: Ensayos Físicos realizados

MATERIAL:	ARENA SILÍCEA	FINA	FECHA	8/8/200
PROVEEDOR:	CANTERAS ZAGAME (NECOCHEA)			
MUESTRA	Grs= 1437.6 Grs.			
TAMICES	PESO RET.	RET.ACUM	PESO PASA	%PASA
1 1/2" (38 MM)		0.00	1437.60	100.00
1" (25,4 MM)		0.00	1437.60	100.00
3,4" (19 MM)		0.00	1437.60	100.00
1/2"		0.00	1437.60	100.00
3/8" (9,5 MM)		0.00	1437.60	100.00
4 (4,8 MM)		0.00	1437.60	100.00
8 (2,4 MM)		0.00	1437.60	100.00
16 (1,2 MM)	17.60	17.60	1420.00	98.78
30 (590 μ)	278.70	296.30	1141.30	79.39
50 (297 μ)	596.10	892.40	545.20	37.92
100 (149 μ)	426.40	1318.80	118.80	8.26
200 (74 μ)	97.80	1416.60	21.00	1.46
MODULO DE FINURA =		1.76		

Gráfico 2: Gráfico granulométrico

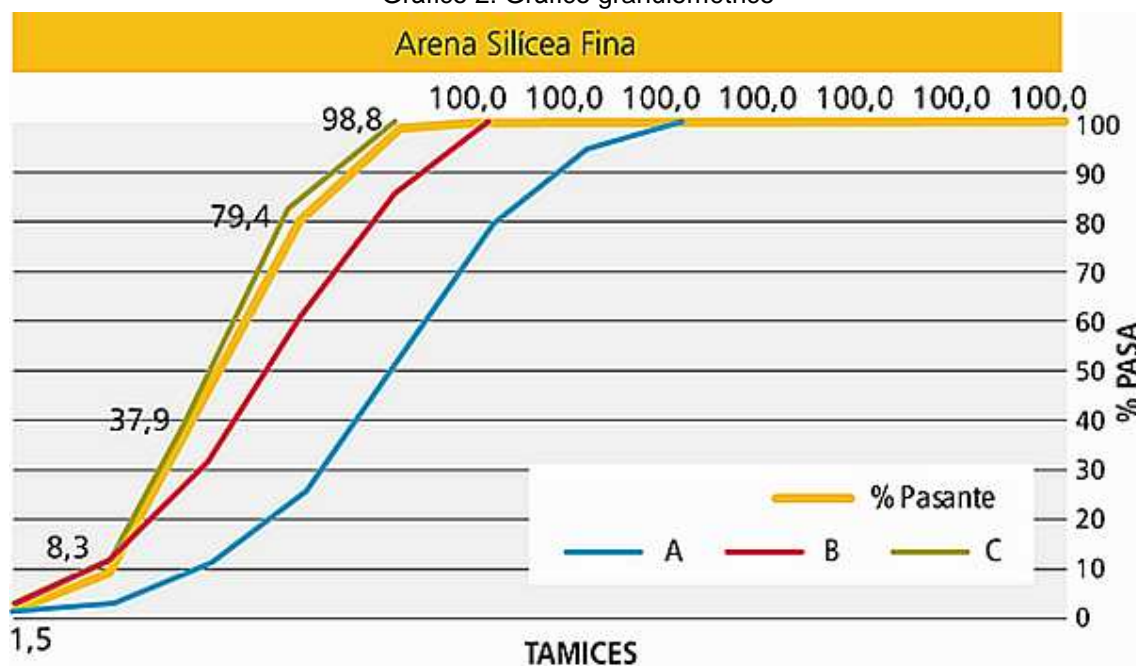


Tabla 3: Ensayo de Granulometría en Agregados Pétreos

Laboratorio Control de Materiales								
Muestra N°:		000-02				Fecha:		17/02/07
Material:		0/6 Cuarcitica Lavada (PROCONCRETE) Canteras Yaravi S.A. – Yacimiento Minera						
Peso Muestra:		1415.7						
Peso Muestra procesada:		1415.7						
% Pasa Tamiz N° 200:		1.26 M F: 2.98						
Tamiz	Retenido Tamiz	Pasa Tamiz	Ret. Acumulado	% Pasante	% Ret MdF	Curvas Limites		
						A	B	C
N° 4	62.70	1353.00	62.70	95.57	4.43	95	100	100
N° 8	308.20	1044.80	370.90	73.80	26.20	80	100	100
N° 16	201.90	842.90	572.80	59.54	40.46	50	85	100
N° 30	258.40	584.50	831.20	41.29	58.71	25	60	95
N° 50	250.70	333.80	1081.90	23.58	76.42	10	30	50
N° 100	212.00	121.80	1293.90	8.60	91.40	2	10	10
Fondo	121.80		1415.70		297.62			

Gráfico 3: Curva Granular
(30% PROCONCRETE + 70% Arena Silíceas)

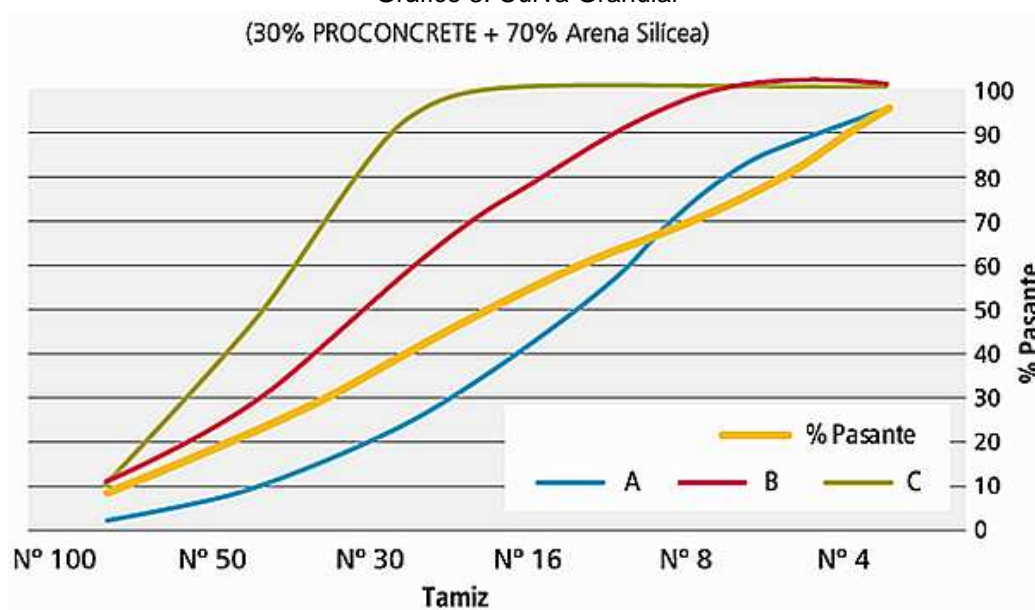


Tabla 4

	30%	70%		
MATERIAL:	PROCONCRETE	ARENA SILÍCEA	FECHA	8/8/2007
PROVEEDOR:	COARCO S.A.			
MUESTRA	Grs= 1440.8	Grs.		
TAMICES	PESO RET.	RET. ACUM	PESO PASA	%PASA
1 1/2" (38 MM)		0.00	1440.80	100.00
1" (25,4 MM)		0.00	1440.80	100.00
3/4" (19 MM)		0.00	1440.80	100.00
1/2"		0.00	1440.80	100.00
3/8" (9,5 MM)		0.00	1440.80	100.00
4 (4,8 MM)	3.20	3.20	1437.60	99.78
8 (2,4 MM)	95.60	98.80	1342.00	93.14
16 (1,2 MM)	180.50	279.30	1161.50	80.61
30 (590 μ)	219.50	498.80	942.00	65.38
50 (297 μ)	413.10	911.90	528.90	36.71
100 (149 μ)	403.10	1315.00	125.80	8.73
200 (74 μ)	105.80	1420.80	20.00	1.39
MODULO DE FINURA =		2.16		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Ensayos Físicos y Químicos se realizaron tanto a las arenas silíceas de la zona costera como también a la arena de trituración cuarcítica lavada.

Se utilizó como corrector de arena en un 30 % la arena triturada logrando de esta manera un mejoramiento notable en el MF y en el pasa 200.

Fotos de Obra con Arena Silícea



Foto 1: Cono de Asentamiento



Foto 2: Con aditivo

Fotos de Obra con Arena Mezcla



Foto 3: Cono de Asentamiento



Foto 4: Con aditivo

Hormigón Bombeable, con Bajo Asentamiento



Foto 5



Foto 6

Hormigón con arenas silíceas

Tabla 5: Informe Estadístico de Hormigón

TIPO DE HORMIGÓN		H-21	PLANTA ELABORADORA	PL- 6
PERIODO CONSIDERADO	1/1/2005	A 12/31/2005	RESISTENCIA MEDIA (Mpa)	25
RESISTENC. CARACTERIST. (Mpa)	=	23.5	DESVIACION NORMAL %	9.0
CANTIDAD DE ENSAYOS	=	900		

Gráfico 4: Distribución de Resistencias H-25

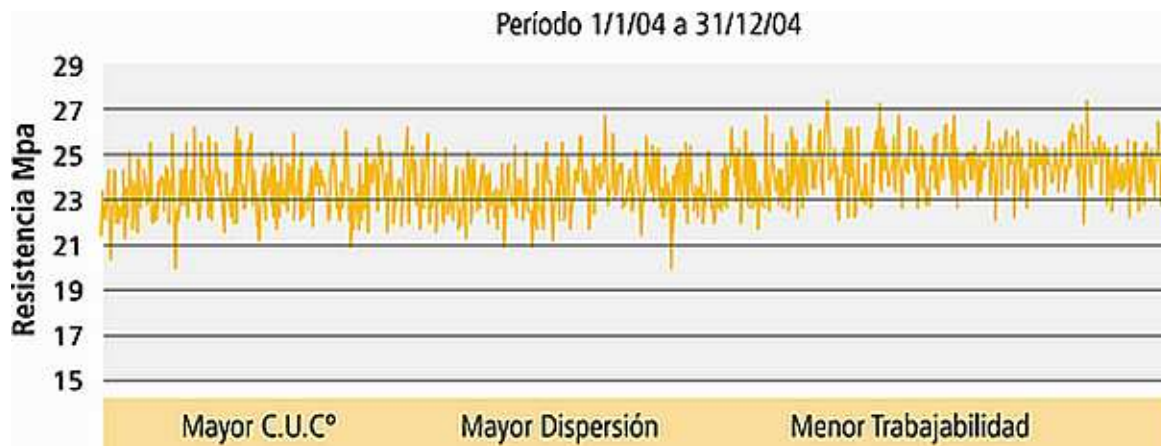


Tabla 6: Hormigón con Arena Mezcla

(30% PROCONCRETE + 70% Arena Silíceas)						
INFORME DE LABORATORIO						Nº : 19
CLIENTE : COARCO S.A. (VISTAS DE PLAYA GRANDE)					FECHA : 30/10/2006	
OBRA : FORMOSA Y LA COSTA						
Resistencia Potencial						
a 28 días (Mpa)		Asent.:		H - 30		
σ_{bm} (Mpa)		σ_{bk} (Mpa)		cm.		
35 30		15				
Probeta	Moldeo	Remito	Asent.	Edad	Resistencia	OBSERVACIONES
1620	29-Sep	3049	18	28	36.90 Mpa.	σ_{bm}
1621	29-Sep	3049	18	28	36.80 Mpa.	36.89 Mpa
1629	29-Sep	3058	20	28	36.20 Mpa.	Desv. Standard
1630	29-Sep	3058	20	28	35.60 Mpa.	1.52 Mpa
1635	29-Sep	3062	18	28	37.80 Mpa.	σ_{bk}
1636	29-Sep	3062	18	28	37.90 Mpa.	34.38 Mpa
Menor C.U.Cº		Menor Dispersión		Mayor Trabajabilidad		

CONCLUSIONES

Se analizaron los resultados estadísticos sobre los resultados de roturas de probetas de hormigón demostrándose que los hormigones diseñados con arena de trituración cuarcítica lavada mejoraron la trabajabilidad, demandaron una menor cantidad de cemento y otorgaron menor posibilidad de fisuración.

La elaboración de hormigón con PROCONCRETE influye en su calidad en estos aspectos técnicos:

- Mejor trabajabilidad del hormigón en estado fresco.
- Hormigones cohesivos, con buena fluidez y aptos para ser bombeables.
- Arenas de trituración procesadas PROCONCRETE otorgan menor posibilidad de fisuración plástica.
- Hormigones más resistentes y económicos.
- Hormigones más homogéneos y de baja dispersión.
- Posicionamiento en el mercado de Hormigones con Alta Resistencia a Edad Temprana..

Los resultados satisfactorios de la prestación del Proconcrete se dieron tanto de manera intrínseca como también una sinergia interdisciplinaria entre Canteras Yaraví S.A. y las empresas proveedoras de Hormigón teniendo como compromiso el aseguramiento de la calidad del hormigón elaborado y el manejo adecuado y responsable del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

INTI Construcciones – AAHE. (2007) Tecnología Básica del Hormigón, Curso Laboratoristas de Plantas de Hormigón. Edificio INTI, Bs. As., 25 al 29/06/07.

AAHE- (2006) Manual del Uso del Hº Eº.. Uso de Agregados en relación con la obra.

Leggiero, J., Drago, M. F. (2002), YARAVI S.A. – COARCO S.A. Influencia de su Calidad en la Elaboración de Hormigones. Ensayos Químicos. Disertación sobre Agregados Cuarcíticos, Mar del Plata, 2002

P.C.A.- Portland Cement Association. Aptitud de los Agregados para Hormigón.

Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201. Cap. 3. Materiales. Proyecto en Discusión. Noviembre de 2002.

NUEVOS MATERIALES DE BASE YESO CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA

Ana Jiménez Rivero ⁽¹⁾, Ana de Guzmán Báez ⁽¹⁾, Justo García Navarro ⁽¹⁾, Mariano González Cortina ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Grupo de Investigación Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria (giSCI). Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Agrónomos. Avda. Complutense 28040 Madrid, España.

E-mail: ana.jimenez.rivero@alumnos.upm.es; ana.deguzman@upm.es; justo.gnavarro@upm.es

⁽²⁾ Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid. E.U. Arquitectura Técnica. Avda. Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid, España.

E-mail: mariano.gonzalezc@upm.es

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es contribuir a la valorización del residuo de caucho sintético que proviene de coquillas aislantes de tuberías, estudiando su comportamiento formando parte del material compuesto escayola-caucho.

Para ello se ha elaborado un plan experimental que permite evaluar su idoneidad como material de construcción, caracterizando el nuevo compuesto desde el punto de vista físico-mecánico; peso desecado, dureza Shore C, resistencia a flexión y resistencia a compresión. Se han estudiado cuatro granulometrías de residuo de caucho, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-6 mm y 20-25 mm y distintos porcentajes de incorporación a la escayola, 1,25%; 2,50%; 5,00% y 7,50%, con una relación de agua/escayola de 0,76.

Los resultados de los ensayos muestran que a pesar de que las resistencias mecánicas disminuyen con la incorporación del caucho, se obtiene un material de baja densidad, existiendo buena compatibilidad entre el residuo de caucho y la matriz de escayola, distribuyéndose los granos de caucho uniformemente en las probetas.

Palabras clave: residuo de caucho, escayola, dureza Shore C, resistencia a flexión-compresión.

ABSTRACT

The aim of this paper is to contribute to the valorization of synthetic rubber wastes that come from pipe insulation shells, studying their behavior as part of a new composite gypsum-rubber material.

An experimental plan has been developed in order to assess its suitability as a construction material characterizing, the new compound from a physical and mechanical point of view; dry weight, Shore C hardness, flexure strength and compression strength.

Four particle size waste rubber, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-6 mm and 20-25 mm, and different rates of waste rubber additions to plaster, 1,25%; 2,50%; 5,00% and 7,50%, have been analyzed, with water/plaster ratio of 0.76.

The results show that although mechanical resistance decreases with the addition of rubber particles, a low density material is obtained, existing a good compatibility between the rubber waste and plaster matrix: rubber grains are evenly distributed in the specimens.

Keywords: rubber waste, plaster, Shore C hardness, flexure- compression strength.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en España la gestión de los residuos está regulada jurídicamente por la Ley 10/1998 que pretende fomentar su reducción y no eliminación en vertedero. Con ella se estableció la necesidad de elaborar planes específicos para los diferentes tipos de residuos, siendo el Plan Nacional Integrado de Residuos para el periodo 2008-2015 (PNIR) el actualmente en vigor en el territorio español.

La tendencia actual de los países desarrollados es la producción continua de residuos vinculada al creciente desarrollo tecnológico. Actualmente existe mayor grado de sensibilización por parte de la sociedad, existiendo infraestructuras que permiten el tratamiento de ciertos residuos y un sector especializado en gestionarlos. Sin embargo, los objetivos marcados en materia de reciclaje y valorización están lejos de la realidad actual puesto que un elevado porcentaje de residuos generados acaban anualmente en vertedero.

El abandono o su inadecuada gestión producen impactos notables en el medio, contribuyendo al cambio climático y afectando a los distintos ecosistemas así como a la salud humana. Por otro lado, cuando los residuos se gestionan de manera adecuada se convierten en recursos, generando un ahorro de materias primas.

Este trabajo contribuye a la valorización del residuo de caucho sintético proveniente de la fabricación de coquillas aislantes de tuberías. Este tipo de residuo se contempla dentro del PNIR dentro de los Residuos Industriales No Peligrosos (RINP), siendo éstos los producidos dentro de una actividad industrial y no estando identificados como peligrosos en la Lista Europea de Residuos (Orden MAM/304/2002).

Por otro lado, durante el proceso de instalación en obra, así como en el proceso de deconstrucción de edificios, éstos residuos se clasifican como Residuos de Construcción y Demolición (RCD), incluidos en el capítulo 17 de la Lista Europea de Residuos: 17 02 03 Plástico.

Anualmente cientos de toneladas de este residuo de caucho sintético tienen como destino final el vertedero, lo que supone un grave problema medioambiental. Se pretende con este estudio analizar la posibilidad de reciclaje del mismo, incorporándolo en nuevos materiales compuestos de construcción. Sólo en España, en torno a 400 toneladas de residuo son enviadas anualmente a vertedero por parte de un único fabricante. Teniendo en cuenta la baja densidad de este material, es enorme la cantidad en volumen que supone como residuo.

Existe cierta experiencia de investigadores que han estudiado el reciclaje del caucho procedente de Neumático Fuera de Uso (NFU), en nuevos materiales (Rodríguez Montejano, R. 1997), Nehdi, M. *et al.* (2001), Turgut, P. *et al.* (2008), Yesilata, B. *et al.* (2009), si bien es cierto que ambos cauchos son bien distintos. El caucho de coquilla aislante es un caucho nitrílico que difiere en apariencia del procedente de NFU. El primero se trata de una espuma blanda y flexible con una ínfima densidad que varía entre los 45 y los 100 kg/m³ mientras que el segundo es un material duro y poco flexible con una densidad mucho mayor, variando entre los 390 y los 535 kg/m³.

También son múltiples las investigaciones que se han llevado a cabo en los últimos años incorporando fibras procedentes de residuos agrícolas, tanto de cáscara de arroz y sisal como de corcho, o sobre el reciclaje de los propios residuos de yeso procedentes de RCD a matrices de yeso, Hernández Olivares, F., *et al.* (1992, 1999), Oteiza San José *et al.* (1993), Singh, M. *et al.* (1994), Madariaga, F. J. *et al.* (2008), Kim, S. (2009), Leiva Aguilera, M.J. *et al.* (2010), Romaniega Piñeiro, S. *et al.* (2010), Rodríguez Orejón, A. *et al.* (2010).

De la bibliografía y documentación consultada se puede concluir que no existe ninguna experiencia previa que analice la incorporación de residuos de caucho procedente de

coquilla aislante en nuevos materiales. Tampoco ningún estudio que proponga su reciclaje por vías alternativas de valorización.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es la caracterización físico-mecánica del nuevo material compuesto de base yeso, con incorporación de residuo de caucho, para determinar su idoneidad formando parte de materiales o elementos constructivos.

Este estudio se realiza teniendo en cuenta distintas granulometrías de caucho para evaluar posibles mejoras con determinados tamaños, teniendo preferencia por granulometrías mayores ante similares prestaciones puesto que todas las acciones destinadas a disminuir el tamaño del material encarecerían el residuo y supondrían un coste energético adicional. Además, se busca el máximo porcentaje de adición en la matriz sin comprometer las resistencias mecánicas del compuesto.

El nuevo material compuesto yeso-caucho, significa la unión de dos materiales bien distintos:

Por una parte el yeso, material de construcción de empleo milenario, utilizado tradicionalmente en las edificaciones, que es al mismo tiempo un material de actualidad por sus excepcionales prestaciones.

Por otra, el residuo de coquillas de caucho, utilizado en edificación para el aislamiento térmico de tuberías en instalaciones y que tienen como principal objetivo el ahorro de energía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales.

Escayola

La escayola utilizada es Iberyola E-35, de la casa comercial PLACO. Inicialmente en laboratorio se determinó la relación agua/escayola (A/E) del producto para comprobar que efectivamente se encuentra entre los límites fijados por el fabricante. Para ello se ha recurrido a la Norma UNE-EN 13279-2, donde se especifica que para conglomerantes a base de yeso la relación se determina con el método de amasado a saturación.

La media de los resultados obtenidos es 0,76, siendo un valor comprendido entre los determinados por el fabricante (0,70-0,80).

Coquilla elastomérica triturada de caucho sintético

El caucho utilizado es residuo de coquilla elastomérica triturada SH/ARMAFLEX de la empresa Armacell Iberia S.L. (Figura 1). Estas coquillas se utilizan en edificación para el aislamiento de sistemas de instalaciones de calefacción e hidrosanitaria, con el objetivo de evitar pérdidas energéticas a lo largo de los conductos (Armacell Enterprise GmbH, 2011).

Por medios propios de la empresa se consiguió un tamaño de residuo de unos 20-25 mm de media (Figura 2), con el que se comenzó a trabajar.



Figura 1. Residuo de coquilla elastomérica.



Figura 2. Tamaño de residuo 20-25 mm

Este material tiene una conductividad térmica a 10°C de 0,036 W/m·K (UNE-EN 12667:2002), su reacción al fuego es M-1 B1/B2 (UNE 23727:1990 DIN 4102), además tiene un efecto aislante acústico de 30 dBA (DIN 4109) y posee una buena resistencia al envejecimiento y a la putrefacción.

Plan experimental.

El proceso experimental se ha realizado en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid.

Se ha experimentado con distintos porcentajes de incorporación del residuo para estudiar la evolución del material compuesto a medida que aumenta el contenido de caucho. Éstos han sido calculados respecto al peso de la escayola utilizada.

Los porcentajes elegidos son: 1,25%, 2,50%, 5,00% y 7,50%.

Cabe mencionar que se contempló la incorporación de porcentajes mayores, pero a partir del 7,50% de caucho incorporado, el volumen de residuo en la mezcla, supera al de la escayola, y no es posible conseguir una correcta homogeneización de la escayola y el caucho.

Son cuatro los tamaños estudiados, obtenidos tres de ellos tras la trituration mecánica en laboratorio, a partir del residuo recibido de la empresa Armacell Iberia S.L. (Figura 3).



Figura 3. Granulometrías empleadas, de izquierda a derecha: 20-25 mm, 4-6 mm, 2-4 mm y 1-2 mm.

Se han confeccionado probetas prismáticas de 40x40x160 mm, realizando la mezcla en mezcladora amasadora y vertiéndola en moldes triples de acero templado rectificado y que cuentan con certificado de calibración y verificación.

La relación A/E es de 0,76.

Cada serie elaborada consta de tres probetas

Las probetas debidamente identificadas se mantienen durante 6 días en atmósfera de laboratorio. Después, se introducen durante 24 horas en estufa a una temperatura de $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. En este tiempo adquieren masa constante.





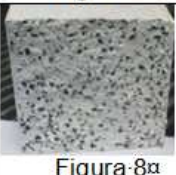



Posteriormente, ya transcurridos los 7 días, se enfrían en desecador hasta alcanzar la temperatura del laboratorio y se someten a ensayo. Todas las probetas se pesan al desmoldar y a los 7 días tras sacarlas de la estufa (peso desecado).

La norma de referencia para el proceso descrito es la UNE-EN 13279-2 "Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: métodos de ensayo".

Posteriormente se realizan los ensayos de dureza shore C, Norma UNE-EN 102-039-85, de resistencia a flexión y resistencia a compresión, Norma UNE-EN 13279-2, en prensa monitorizada modelo Autotest-200/10-SW, y software de aplicación para máquinas de ensayo Wintest 32.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se muestran imágenes de las probetas de escayola-caucho con los distintos tamaños y porcentaje de residuo incorporado (Figuras 4-19).

α	1-2 mm α	2-4 mm α	4-6 mm α	20-25 mm α
1,25% α	 Figura-4 α	 Figura-5 α	 Figura-6 α	 Figura-7 α
2,50% α	 Figura-8 α	 Figura-9 α	 Figura-10 α	 Figura-11 α

Figuras 4-19. Probetas de escayola-caucho con distinto porcentaje y tamaño de residuo

Dureza superficial

Los valores de dureza presentan una gran variabilidad en los resultados, puesto que si la medida se toma cercana a un grano de caucho el valor obtenido es mucho menor (Tabla 1). Este hecho se hace más patente a mayores porcentajes de residuo incorporado y en tamaños pequeños de grano, puesto que un mayor volumen de la probeta está cubierto por este material (Compárense Figuras 8 y 10).

Tabla 1. Dureza Shore C.

Dureza Shore C				
	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	20-25 mm
1,25%	77	80	81	84
2,50%	75	82	82	81
5,00%	75	76	73	64
7,50%	71	66	77	62
Dureza superficial Shore C de la serie de referencia = 84				

Peso desecado

La incorporación de residuo de coquilla aislante a las probetas de escayola supone en todos los casos una reducción en la masa del elemento (Figura 20).

Con granulometrías 1-2 mm, 2-4 mm, y 4-6 mm, a una misma relación A/E, ante mismos porcentajes de adición se consiguen similares reducciones de peso.

Es con el tamaño 20-25 mm, con el que se observa una disminución de masa más acusada respecto al resto de tamaños, llegando a producirse un descenso del 48% en la densidad del compuesto respecto a la escayola de referencia.

Esta pérdida de peso está íntimamente relacionada con la disminución de resistencias mecánicas del material para todos los tamaños estudiados (más adelante, Figura 24).

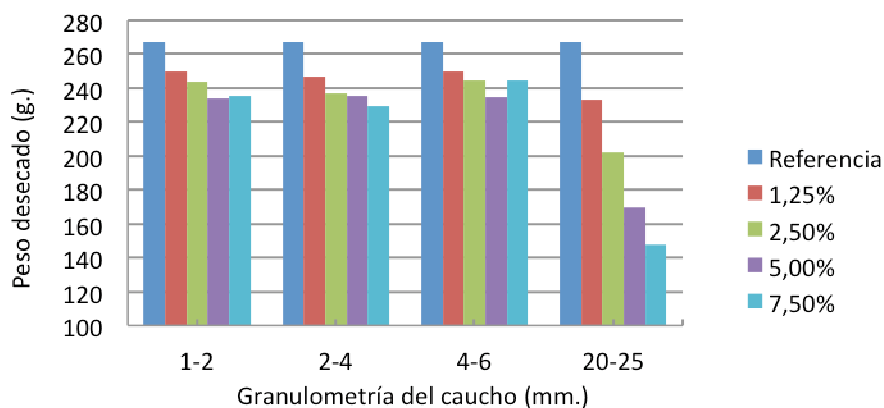


Figura 20. Pesos desecados

3 Resistencia a flexión

En general, la resistencia a flexión disminuye a mayor presencia de residuo y a mayor tamaño del mismo (puede deberse al mayor volumen ocupado por cada grano de caucho) sin llegar a obtenerse valores por debajo de 1 N/mm^2 (Tabla 2).

Tabla 2. Resistencia a flexión.

Resistencias a flexión (N/mm ²)				
	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	20-25 mm
1,25%	3,91	3,32	3,77	4,05
2,50%	3,19	2,86	2,68	2,48
5,00%	2,57	2,78	2,31	1,35
7,50%	2,44	1,98	2,29	1,10

Resistencia a flexión de la serie de referencia = 5,41 N/mm²

Los tamaños 1-2 mm, 2-4 mm y 4-6 mm se comportan de manera similar, disminuyendo su peso y su resistencia a flexión hasta un límite que está en torno a 2,00 N/mm² (Figura 22).

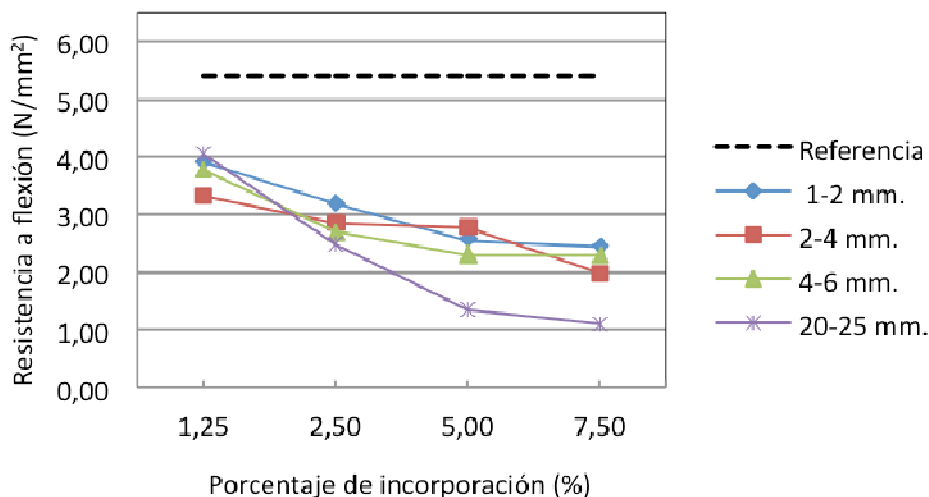


Figura 22. Porcentaje de caucho – resistencia a flexión de las probetas.

Tras alcanzar la carga de rotura, no se produce separación entre las dos partes, quedando en algunos casos fuertemente unidas. Con los mayores tamaños de residuo, la probeta se fisura, sin llegar a romper, puesto que los granos de caucho “cosen” ambas partes (Figura 23). Es por ello que puede afirmarse que la adición de este residuo aumenta en gran medida la tenacidad del material.



Figura 23. Probeta con el 5% de caucho tamaño 2-4 mm, tras su rotura a flexión.

A continuación se relaciona la resistencia a flexión y el peso de las probetas en las series con tamaño de residuo 2-4 mm (Figura 24). A mayor contenido de caucho disminuye el peso de la probeta y la resistencia a flexión es menor.

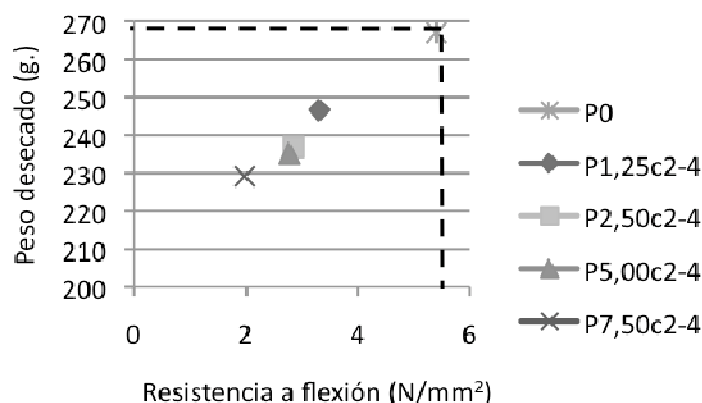


Figura 24. Resistencia a flexión - peso desecado series con tamaño 2-4 mm

Resistencia a compresión

Alcanzada la carga de rotura, los fragmentos en que queda dividida la probeta permanecen unidos, lo que permite que el material se deforme una vez se supera dicha carga (Figura 25).

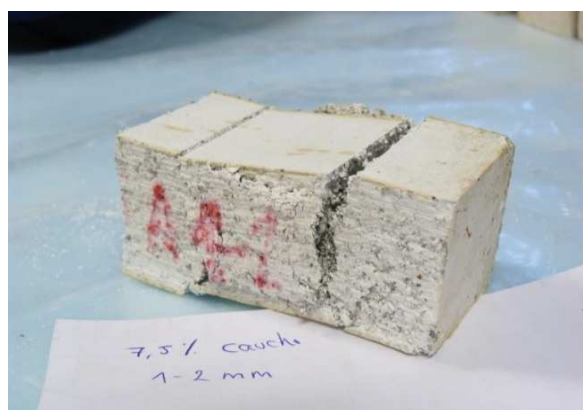


Figura 25. No se producen desprendimientos de material tras alcanzar la carga de rotura.

Los valores de resistencia a compresión son inferiores con mayores granulometrías y porcentaje de residuo, considerándose no aceptables los obtenidos con las series con 20-25 mm y 5,00% / 7,50% de caucho (Tabla 3 y Figura 26).

Tabla 3. Resistencia a compresión

Resistencias a compresión (N/mm²)				
	1-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	20-25 mm
1,25%	7,86	7,49	8,29	7,33
2,50%	6,00	5,79	5,46	3,91
5,00%	4,77	4,54	3,77	1,90
7,50%	4,01	3,25	3,87	0,97

Resistencia a flexión de la serie de referencia = 11,99 N/mm²

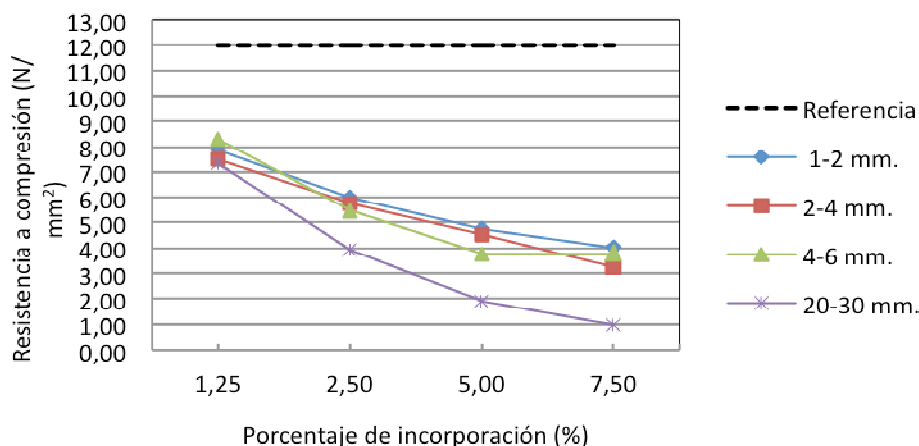


Figura 26. Porcentaje caucho – Resistencia a compresión

En general, las resistencias mecánicas del material disminuyen a mayor tamaño de residuo, puesto que los poros que producen en la matriz los mayores granos de caucho hacen comprometer las resistencias del material (Figura 27).

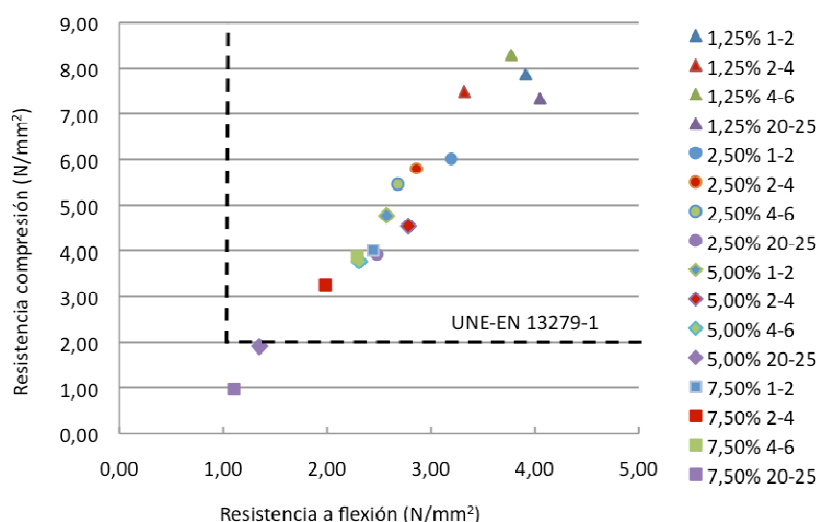


Figura 27. Gráfica resistencias mecánicas

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se concluye lo siguiente:

Existe buena compatibilidad entre el residuo de caucho que procede de coquilla aislante y la matriz de escayola. Los granos de caucho se distribuyen uniformemente en las probetas. Aún teniendo una baja densidad, no flota: se envuelve con la escayola en polvo formando una pasta de aspecto homogéneo.

El porcentaje máximo de adición es el 7,50% de residuo en peso de escayola. En volumen, se trata de gran cantidad de material, superando al contenido de escayola.

El material escayola – residuo de caucho es más ligero: se consiguen reducciones de hasta el 48% de peso respecto a la serie de referencia.

Las resistencias mecánicas disminuyen, siendo en general menores a mayor cantidad de residuo y mayor granulometría de este. Los valores obtenidos son en la mayor parte de las series superiores a los mínimos exigidos para los yesos para la construcción en la Norma UNE-EN 13279-1.

A pesar de que las resistencias mecánicas de las probetas de escayola disminuyen con la incorporación del residuo de caucho (dentro de los límites marcados por la norma), se ha obtenido un material ligero, de baja densidad. Se trata por tanto de un residuo idóneo para formar parte de materiales y elementos constructivos, existiendo buena compatibilidad con la matriz de escayola.

Agradecimientos:

Al laboratorio de "Materiales de Construcción" de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid, donde se han desarrollado los trabajos necesarios para la elaboración de este estudio, y a las empresas Placo Saint-Gobain y Armacell Iberia S.L., por aportar el material necesario para la elaboración de las probetas realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

Armacell Enterprise GmbH (2011). Manual de Instalación Armaflex.

González Madariaga, F.J., Lloveras Macia, J. (2008) Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción. Informes de la Construcción, 60, pp. 35-43. ISSN: 0020-0883.

Hernández-Olivares F., Oteiza I, De Villanueva L. (1992) Experimental analysis of toughness and modulus of rupture increase of sisal short fiber reinforced hemihydrated gypsum. Composite Structures, Vol. 22. nº. 3. pp. 123-137.

Hernández-Olivares, F., Bollati, M.R., Del Rio, M., Parga-Landa, B. (1999) Development of cork-gypsum Composites for building applications. Construction and Building Materials, nº 13 pp. 179-186.

Kim, S. (2009) Incombustibility, physico-mechanical properties and TVOC emission behavior of the gypsum-rice husk boards for wall and ceiling materials for construction. Industrial Crops and Products, 29. pp. 381-387.

Leiva Aguilera, M.J., Del Río Merino, M. (2010) Escayola aditivada con residuos de arroz. Trabajo Fin de Máster en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid, Máster Técnicas y Sistemas de Edificación.

Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Boletín Oficial del Estado, 22 de abril de 1998, núm. 96, pp. 13372

Nehdi, M., Khan, A. (2001) Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications. Cement, Concrete and Aggregates, nº 23, pp. 3-10.

Orden MAM/304/2002, de 8 de Febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Boletín Oficial del Estado, 19 de febrero de 2002, núm. 43, pp. 6494.

Oteiza San José, I., Villanueva y Domínguez, L. (1993) Estudio del comportamiento de la escayola reforzada con fibras de sisal, para componentes en viviendas de bajo coste. Informes de la Construcción, vol. 45, nº 425-426. Tesis Doctoral.

Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015 (PNIR), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Boletín Oficial del Estado nº 49 de 26/02/2009, pp. 19893.

Rodríguez Montejano, R.M. (1998) Reciclado de neumáticos usados para su utilización como materiales acústicos. Mapfre Seguridad. Núm. 71, tercer trimestre. pp. 27-39.

Rodríguez Orejón, A., Del Río Merino, M. (2010) Adición de residuos de yeso laminado tratado, en el yeso de construcción. Trabajo Fin de Máster en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid, Máster Técnicas y Sistemas de Edificación.

Romaniega Piñeiro, S., Del Río Merino, M. (2010) Refuerzo del yeso mediante fibras procedentes del reciclaje. Libro de Actas del II Congreso Nacional de Investigación en Edificación, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid, 15-16-17 de diciembre. ISBN: 978-84-693-2844-8

Singh, M., Garg M. (1994) Gypsum-based fibre-reinforced composites: an alternative to timber. Construction and Building Materials, vol. 8, nº 3, pp. 155-160.

Turgut, P., Yesilata, B. (2008) Physico-mechanical and thermal performances of newly developed rubber-added bricks. Energy and Buildings, nº 40, pp. 679-688.

UNE-EN 102-039-85. (1985) Yesos y escayolas de construcción, Determinación de la Dureza Shore C, y de la dureza Brinell. AENOR.

UNE-EN 13279-2. (2009) Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. AENOR

Yesilata, B., Isiker, Y., Turgut, P. (2009) Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces. Construction and Building Materials, 23, pp. 1878-1882.

TECNOLOGÍAS SOCIALES PARA EL HÁBITAT POPULAR EN EL MARCO DE UN MODELO DE GESTIÓN UNIVERSIDAD -EMPRESA: PRUEBA PILOTO CANTERAS YARAVÍ S. A. - UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

Fernando Cacopardo (1), María Inés Cusán (2), Javier Leggiero (3), Ariel Ondartz(4), Rodolfo Rotondaro (5), Mónica Ruggiero (6).

(1)Universidad Nacional de Mar del Plata, Consejo Nacional de Investigaciones científicas y tecnológicas (CONICET), Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: fcacopar@mdp.edu.ar

(2) Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: manes0000@gmail.com

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(4)Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. E-mail: arielondartz@yahoo.com.ar

(5) Universidad Nacional de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).Buenos Aires. E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

(6) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtrgeoambiental@canterasyaravi.com.ar

RESUMEN

La cuestión que aborda este trabajo se inscribe en el marco más amplio del problema de la pobreza en Argentina y América latina. En ese sentido, se sitúa la indagación sobre aplicabilidad de áridos reciclados y de descarte en un marco de desarrollo local para espacios de alta vulnerabilidad social y cómo un aporte para el desarrollo de nuevas tecnologías para el hábitat y la vivienda popular.

Esta ponencia se propone contribuir a este campo a partir de la articulación de dos aspectos que se desarrollarán en respectivos apartados.

En primer lugar, lo técnico, investigar las condiciones de viabilidad técnica y productiva de áridos subproducto de los procesos de explotación, pertenecientes a las CUARCITAS DE LA FORMACIÓN BALCARCE. Se presentan distintas experiencias de emprendimientos territoriales como la elaboración de bloques cementicios, carpinterías y pilares para conexión eléctrica.

En segundo lugar, un modelo de gestión que se apoya en tres ejes: interdisciplina, cogestión interinstitucional y tecnologías sociales. A partir de esta prueba piloto de articulación entre la empresa Canteras Yaraví S. A., la Universidad Nacional de Mar del Plata y el barrio Monte Terrabusi del partido de General Pueyrredón, se propone a este proceso que favorece la autogestión, la asociatividad y los procesos participativos en los procesos productivos y de innovación tecnológica, como un modelo de gestión de desarrollo, posible de transferir a otros territorios pobres rurales o urbanos.

Palabras claves: áridos reciclados, vivienda social, cogestión interinstitucional

ABSTRACT

The issue analyzed by this work falls within a broader matter: poverty in Argentina and Latin America. In this regard, we study the use of recycled and waste aggregates for local development in high social vulnerability areas, and as a contribution to the development of new technologies for social habitat and housing. This presentation intends to make its contribution to its field by interconnecting two aspects to be analyzed in the corresponding sections.

Firstly, the technical aspect: investigate the technical and productive viability conditions of sub product aggregates from BALCARCE QUARSITE FORMATION exploitation processes. Different experiences based on territorial projects, such as the manufacturing of cement blocks, woodshops and pillars for electrical installations are evidenced.

In second place, a three-axis management model: interdisciplinary, co-management and social technologies. This interconnection pilot test among Canteras Yaravi S.A., the National University of Mar del Plata (*Universidad Nacional de Mar del Plata*) and the Monte Terrabusi neighborhood located in General Pueyrredon County, presents a process favoring self-management, associability and participation within the manufacturing and technological innovation processes. This structure is intended as a development management model which may be transferred to other underprivileged, rural or urban areas.

Key Words: recycled and waste aggregates, Popular Housing, co-management

INTRODUCCIÓN

La cuestión que aborda este trabajo se inscribe en el marco más amplio del problema de la pobreza en Argentina y América latina. En ese sentido, se sitúa la indagación sobre aplicabilidad de áridos reciclados y de descarte en un marco de desarrollo local para espacios de alta vulnerabilidad social y cómo un aporte para el desarrollo de nuevas tecnologías para el hábitat y la vivienda popular.

Esta ponencia se propone contribuir a este campo a partir de la articulación de dos aspectos que se desarrollarán en respectivos apartados.

En primer lugar, lo técnico, investigar las condiciones de viabilidad técnica y productiva de áridos subproducto de los procesos de explotación, pertenecientes a las CUARCITAS DE LA FORMACIÓN BALCARCE. Se presentan distintas experiencias de emprendimientos territoriales como la elaboración de bloques cementicios, carpinterías y pilares para conexión eléctrica.

En segundo lugar, un modelo de gestión que se apoya en tres ejes: interdisciplina, cogestión interinstitucional y tecnologías sociales. A partir de esta prueba piloto de articulación entre la empresa Canteras Yaraví S. A., la Universidad Nacional de Mar del Plata y el barrio Monte Terrabusi del partido de General Pueyrredón, se propone a este proceso que favorece la autogestión, la asociatividad y los procesos participativos en los procesos productivos y de innovación tecnológica, como un modelo de gestión de desarrollo, posible de transferir a otros territorios pobres rurales o urbanos.

Pobreza en Argentina

En Argentina y según la información censal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC (2001, 2003), la crisis de los años 2001-2002 generó un violento y rápido proceso de empobrecimiento y consolidación de la pobreza estructural en Argentina, especialmente la urbana, arrojó alarmantes cifras: 20,8 millones de pobres en Argentina en 2001: 57,7% de la población urbana bajo la línea de pobreza, 27,5% apenas podía conseguir los alimentos mínimos necesarios para subsistir. Entre mayo del 2002 y octubre la cantidad de pobres creció el 14,7% y la de indigentes el 11,2%. En el Total país, los pobres urbanos sumaban 19.678.000 y los Indigentes 9.411.000. En Argentina entre octubre del 2001 y mayo del 2002, 5,2 millones de personas se convirtieron en pobres.

Si bien en los últimos años ha cambiado la situación laboral y económica del país, en la actualidad, y también según datos del INDEC (2008), la pobreza de la población urbana de Argentina se situó en el 17,8 por ciento a finales del primer semestre del 2008, lo que representa una baja de 2,8 puntos respecto a los datos de finales de 2007. El INDEC precisó que a finales de junio pasado 4,3 millones de argentinos que habitaban en zonas urbanas no alcanzaban a satisfacer sus necesidades mínimas de alimentación, salud, vivienda, educación, transporte y otros servicios básicos; y el 5,1 por ciento de la población urbana, lo que equivale a 1,2 millones de personas, es indigente, es decir que ni siquiera puede alimentarse adecuadamente. Una de las áreas urbanas con mayor cantidad de población es el Conurbano Bonaerense, donde vive la mitad de los pobres del país. En el 2003 fueron identificados como pobres estructurales 1.042.000 hogares (27%), que significan 4.365.000 personas (34%), lo cual configura al área como la de mayor concentración de pobreza estructural del país (Ieco, 2007).

La gravedad de estos datos cuantitativos es alarmante, y peor aún, tomar cabal conciencia de la verdadera magnitud (cuantitativa y cualitativa) de la pobreza urbana argentina, de la complejidad de sus características y de los cambios estructurales que a todo nivel harían falta.

Conceptualización de pobreza y gestión del hábitat.

La discusión sobre la conceptualización de pobreza tiene un largo desarrollo y constituye uno de las problemáticas más centrales de América Latina. Alicia Gutiérrez (2004), aporta una visión de este debate a partir de las primeras décadas del siglo XX, con especial énfasis desde los años sesenta en Latinoamérica. Más allá del problema de construir estadísticas para medir la dimensión de la pobreza -aproximaciones de línea de pobreza (LP), línea de indigencia, necesidades básicas insatisfechas (NBI)- nos interesa enfatizar sobre la crítica, ahora más instalada en el ámbito académico, a la difundida noción de "marginalidad". Los equívocos en torno a las dualidades margen-integración o margen-centro que refieren a una exterioridad de la pobreza que desplaza el eje teórico-analítico que nos parece más fecundo: el que se pregunta sobre las formas de estar situados "en el sistema", las prácticas y redes de relaciones de estos grupos sociales y sus articulaciones con el resto de la sociedad.

En este marco nos interesa debatir y proponer nuestro trabajo, en nuestro campo disciplinar la línea de debate y prácticas que por ejemplo proponen Ortecho. L (2007:15) y Pelli.V (2007:45). Enrique Ortecho considera que "lo tecnológico alternativo (...) tiene que tener rasgos que deben considerar, en lo posible, la integralidad del problema de la pobreza."

En este mismo orden de argumentación, Víctor Pelli sitúa el problema habitacional "...como un componente de bordes difusos dentro de la situación general de pobreza, cómo ésta se produce y se presenta en nuestros países latinoamericanos...". En este sentido, Pelli, sitúa en este marco su propuesta de gestión participativa, sostiene que "las estrategias habitacionales más usuales y numerosas hacia el final del siglo XX [...] se circunscriben a la provisión de bienes y servicios destinados a resolver los déficit de satisfactores habitacionales tangibles..." (op.cit.:48) sin tener en cuenta los "intangibles".

Aunque reconoce algunos avances por parte de algunos institutos provinciales de vivienda en cuanto a la puesta en marcha de modelos de gestión, no totalmente participativos pero sí diferentes a la modalidad tradicional, aclara que "...esta innovación se ha encontrado con las serias dificultades que ha tenido la institución para poner estos programas a cargo de una estructura administrativa, y de personal técnico, que han sido preparados y capacitados para la gestión "tradicional" (op.cit.:89).

En síntesis, se consideran como avances a los siguientes: mayor articulación interactoral; mejor formación técnica para los actores institucionales involucrados en la problemática socio-habitacional; concebir el tema como "procesos socio-políticos" y no sólo técnicos o tecnológicos; innovaciones en las "modalidades constructivas, productivas y de financiamiento"; permitir acciones y mecanismos para procesos de co-gestión de las acciones, permitiendo que participen actores, empresas -en el marco de responsabilidad social empresarial-, organizaciones de la sociedad civil y los beneficiarios.

Consideramos a estos avances de discusión centrales para pensar modelos de gestión posibles, transferibles y asimilables. La investigación resumida en este trabajo tiene por fin realizar aportes a la discusión de modelos y estrategias que impliquen generación de materiales y tecnologías sociales posibles con base territorial. En ese sentido, el territorio no es simplemente un soporte físico donde acontece la historia, sino un espacio relacional con una identidad particular y compleja (Cacopardo, 2007, 2001), que se constituye históricamente por el cruce de dimensiones materiales, económicas, políticas, sociales, poblacionales, habitacionales, culturales. No hay proyecto posible de desarrollo sin un conocimiento de esta base territorial (Boisier: 2002).

El desarrollo de gestión de tecnologías sociales posibles tiene a nuestro entender en la variable territorial un apoyo sustantivo para el desarrollo de sus prácticas. En nuestra hipótesis constituye el fundamento para poder trabajar con un proceso de transferencia y asimilación de materiales y tecnologías en un marco de desarrollo local a escala humana.

Fundamentos teóricos específicos: Interdisciplina, cogestión y tecnologías sociales.

¿Cómo hacer transferencia al hábitat y vivienda en territorios excluidos de agendas oficiales y con extremas condiciones de indigencia y disolución socio-institucional? ¿Qué modelo posible para territorios a los que nadie parece llegar?

Planteamos tres pilares conceptuales que tienen sus consecuencias prácticas.

1.- INTERDISCIPLINA: Siguiendo los fundamentos y argumentos planteados en la introducción, un proyecto de hábitat y vivienda en este contexto se tiene que situar en el contexto más global del problema de la pobreza.

Este proyecto se sitúa en el marco de un programa interdisciplinario de Hábitat y Ciudadanía, con proyectos en áreas de salud, derechos humanos, laboratorio de construcción, capacitación y producción familiar, legalización de tierras, documentación y modelo de diagnóstico territorial en SIG: Mapa de problemas y recursos territoriales (riesgo

habitacional y detección de capital humana y social). Esto constituye la base metodológica y técnica del saber territorial, en cuanto a recursos existentes, materiales y de capital humano y social.

2.- COGESTIÓN: Nos interesa aquí la idea de desarrollo local a escala humana. Frente a un estado aún deficiente para afrontar estos problemas, la cogestión, es a nuestro entender la puerta de posibilidad de construir una sinergia más amplia entre otros actores (Pelli: 2007), el conjunto de la sociedad civil y los territorios (Boisier: 2002), un tejido de redes personales, capital social barrial-sociales-institucionales, más allá de los límites más o menos formales o institucionalizados.

Así surge de nuestra práctica. A modo de síntesis, describiremos algunos de los acuerdos de trabajo conjuntos sobre los que se seguirá avanzando en esta nueva etapa del proyecto.

Acuerdos públicos de gestión:

El mundo científico-tecnológico en sus distintas dependencias (UNMdP, Agencia Nacional de Promoción Científica, CONICET, SPU).

El acuerdo más significativo, es el PID-Agencia, con contrapartes de Municipio y Empresa Glaciar Pesquera SA, para el desarrollo de un Dispositivo de autogestión de dominio de tierras (N 00013-2007) en los barrios donde se desarrollan las pruebas piloto.

Respecto al estado municipal, la creación, por decreto del Ejecutivo Municipal, de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, en asociación con la Universidad Nacional de Mar del Plata, a fin de apoyar el programa. Articula Obras Sanitarias, Planeamiento y Desarrollo Social, constituye un avance de gestión, que aportaría recursos en forma de materiales de construcción (Decreto 1240/08).

Acuerdos de cogestión privada:

-La empresa pesquera, argentino-canadiense, Glaciar-Pesquera SA, en el marco de responsabilidad social empresarial, contribuye con fondos para trabajo de profesionales en el campo.

-la ONG, Centro de estudios de Acción Social, socios en la gestión de recursos y el armado de redes de donantes.

-La empresa Yacimiento Minera, Canteras Yaraví SA, que aportan sistemáticamente polvo de piedra 0.6 y arena 0.12 para tareas de investigación y emprendimientos para el desarrollo barrial.

-EDEA, Empresa de Electricidad Atlántica, aporta en forma sistemática postes de palmera de reemplazo que son reutilizados para sistema de unidades experimentales de vivienda. También aporta una vez al año materiales para instalaciones eléctricas seguras en las viviendas. (ver Gráfico 2).

Acuerdos de gestión menos formalizados:

-empresas y talleres para procesamiento y molido de pet y telgopor para agregado de bloques cementicios ecológicos.

- red de confiterías, cafés y facultades de la UNMdP (Económicas, Ingeniería y Arquitectura) que acopian botellas de plástico para posterior uso en la construcción o molido.

-empresa IMEPO, que aporta recursos humanos y equipamiento de prensa hidráulica para pruebas de resistencia de bloques.

-acuerdos de gestión concertados y firmados con los vecinos, hogares, clanes familiares, según mapa de problemas y recursos territoriales y a partir de detectar capital social para la autogestión y generación de emprendimientos productivos.

3. TECNOLOGÍAS SOCIALES E INNOVACIÓN: este concepto, que se está debatiendo y construyendo en los ámbitos académicos específicos, es superador respecto de las definiciones de tecnologías convencionales y tecnologías apropiadas, en tanto optimización de los recursos disponibles.

En ese sentido, resulta operativo a nuestra propuesta, se define como una construcción colectiva interactoral que favorece el asociativismo, la autogestión en procesos participativos de planteo de problemas, en las formas de producción y por lo tanto al empoderamiento de los grupos sociales más excluidos (Peyloubet: 2010).

Autores tales como Dagnino et. al. (2004), entienden que existe tecnología social cuando en el conocimiento nuevo que se genera para la resolución de problemas de un grupo de actores y su organización hay innovación. En esa dirección consideramos más pertinente referirnos a la posibilidad de generar nuevas tecnologías y no tecnologías apropiadas, y considerar la innovación tanto en los productos como en los procesos sociales que la generan.

En relación a la concepción de tecnologías nos interesa el énfasis en la innovación y el desarrollo de Horacio Berretta (2007). En su análisis de cuáles son los desafíos principales de la Ciencia y la Técnica del futuro: "Crece pues la idea de una tecnología apropiada o adecuada, enraizada en la intención de convertir el desarrollo, en un camino de innovación y crecimiento espiritual y material pero en estrecha relación con las bases de la sociedad."

II. Cuarcitas de la formación Balcarce: Barrios Alto Camet y Monte Terrabusi del Municipio de General Pueyrredon, prueba piloto de desarrollo local a nivel barrial.

Este trabajo desarrolla una prueba piloto concreta, entre la Universidad Nacional de Mar del Plata y la empresa Yacimiento Minera Canteras Yaraví S.A., que aporta los materiales de piedra y polvo de piedra, 0,6 y 0,10, para la experiencia de desarrollo local, en un marco de responsabilidad social empresarial.

Este producto favorece cuatro aspectos que pensamos esenciales como condición de posibilidad para el desarrollo de tecnologías sociales.

En primer término una posibilidad económica diferencial de producción, y por ende, de accesibilidad hacia los beneficiarios directos.

En segundo término, lograr productos cuyas propiedades y prestaciones frente a las solicitudes que le son propias a su función, cumplan con los estándares adecuados en pos de reducir los riesgos de utilización.

Un tercer término a destacar, central en nuestra perspectiva, refiere a la generación de productos de bajo costo y alta disponibilidad en el mercado, como es el caso de las cuarcitas de la formación Balcarce que permitirá un campo de aplicación de estas tecnologías, que incluirán prestaciones similares a las existentes en el mercado, pero cuya variable fundamental estará centrada en la condición de materialización económicamente diferencial, dentro de un mercado altamente competitivo como es el de la construcción.

Y finalmente, favorecer innovación en los procesos, tanto en la sinergia cómo las redes sociales posibles, el empeoramiento de los grupos y resultados creativos que permitan abrir caminos de desarrollo a nivel territorial.

Aquí planteamos entonces la pregunta problema de este trabajo: ¿Qué condiciones de viabilidad técnica y productiva para el desarrollo territorial poseen los productos elaborados con agregado de piedra y polvo de piedra, como elementos sustitutivos de la fabricación tradicional, a partir del análisis de sus prestaciones frente a las solicitudes, su análisis de costo frente a otros materiales similares del mercado y su posibilidad de auto-producción semi-industrial para el desarrollo barrial?

Presentaremos tres experiencias, una consolidada, bloques cementicios, y dos en estado inicial de pruebas: ventanas de hormigón corredizas y pilares de hormigón para conexión de luz domiciliaria.

III. Territorios de aplicación y formas de identificación de capital humano y social para la favorecer el desarrollo de tecnologías sociales.

Las pruebas piloto de los barrios Alto Camet y Monte Terrabusi, se ubican dentro de una extensa área que rodea al centro consolidado de la ciudad, y que se extiende por fuera de los límites ejidales, en terrenos bajo riesgo natural y social.

Alto Camet, está ubicado en el límite norte de la ciudad, dentro del ejido, el barrio limita al sur con el arroyo La Tapera y el aeropuerto y al norte con el Parque Camet. Corresponde a un sector comprendido en el espacio mayor de seis unidades delimitadas por el Censo Nacional de Población del año 2001 (radios 21, 28, 29, 30, 32 y 33 de la fracción 60).

Monte Terrabusi, por el contrario, está situado sobre la avenida Antártida Argentina en el camino histórico a Miramar, continuación de la avenida Independencia. Está ubicado fuera del ejido, en territorio rural, depende en lo jurisdiccional de la delegación municipal del Puerto de Mar del Plata, y se encuentra entre el cementerio y el predio de disposición final de residuos. Esa delimitación define muy bien las características de este sector de territorio, de gran riesgo ambiental y con una mayoría de sus pobladores que trabajan como recuperadores del predio y en el cementerio (Riviere, I, Sabuda, F y otros: 2008).

Ambos territorios están ubicados en la categoría más perjudicada en el contexto social y ambiental de la ciudad, con magnitudes que se insertaban en la calificación de Muy Bajo Índice de Calidad de Vida y dentro de los mayores niveles de Necesidades Básicas Insatisfechas (Lucero, P; Riviere y otros, 2005).

Las características generales del hábitat y las viviendas muestran una alta proporción de carencias estructurales y de servicios esenciales. En ambos barrios carecen de servicios básicos de agua, cloacas y gas. Las viviendas en sus expresiones más críticas, de chapa y madera, están en estado de emergencia y riesgo de vida por incendio, derrumbe y falta de condiciones mínimas para la vida desde derechos humanos básicos.

Todos estos atributos, sumados a la débil y muy fragmentada e ineficiente presencia y acción político-institucional, la más de las veces clientelar, se combinan de forma tal que logran generar un círculo de reproducción de condiciones de vida deficitaria, crítica e inhumana.

Los datos del INDEC no resultan suficientes para comprender la magnitud del problema, ni tampoco su expresión territorial precisa. Los organismos oficiales y político clientelares, las instituciones privadas (iglesias, ONG), la asociación de fomento, otros programas de la

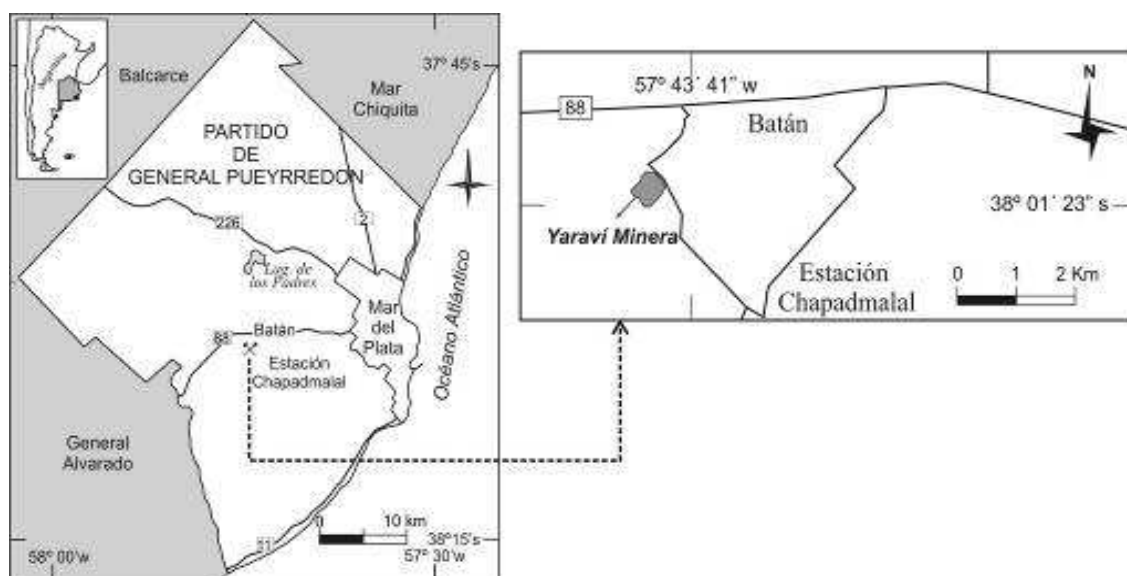
UNMdP, conflictos históricos internos entre vecinos, donde la violencia es constitutiva de la geografía social, conforman en conjunto espacios de un capital social muy débil, difuso y solo puntualizado en redes de algunos clanes familiares. La capacidad de asociación no es fácil. También se observan dificultades respecto de representatividad o existencia de referentes reales a la hora de acuerdos de trabajo comunes.

A esto se suma una crítica situación social y habitacional. Según datos de elaboración propia, en Alto Camet sobre un total de 500 hogares relevados, el sector de asentamiento crítico está constituido por unas 8 manzanas de gran riesgo, 25 hogares sobre 164 del sector más comprometido están en situación de riesgo de vida. Monte Terrabusi, de características más rurales, y hogares con familias en mayor situación de abandono e indefensión, sobre 18 casos, 10 en riesgo muy crítico. En todos los casos, la producción es por proceso de autogestión y autoproducción de la vivienda con recursos posibles, chapa, madera, troncos, etc.

IV. Cuarcitas de la formación Balcarce: desarrollos técnicos productivos.

IV.1. Bloques cementicios: ECO-BLOCK

Definimos el Eco-Block como un bloque económico de base cementicia no portante, con agregados alternativos de plástico triturado y polvo de piedra cuarcita, fabricado modularmente según exigencias de la norma IRAM 11.612.



Mapa 1. Ubicación Yacimiento Canteras Yaraví S.A.

Características de los agregados utilizados:

Cemento Pórtland Normal: Aglomerante que tiene clara incidencia, junto con la relación agua/cemento, en la resistencia y durabilidad, sumado a una estabilidad volumétrica del bloque.

Polvo de piedra: Material de trituración de cuarcita, agregado grueso que genera el “volumen” del bloque permitiendo disminuir el costo de la mezcla. Producto de la explotación de piedra proveniente de la cantera Yaraví S.A., ubicada a 2 km. de la ruta N° 88, Mar del Plata-Necochea, a 20 km. de la ciudad de Mar del Plata. Su litología está compuesta por cuarcitas de la Formación Balcarce de edad Cámbrico–Ordovícico (hace

unos 400 a 500 millones de años). Se compone esencialmente de ortocuarzitas (areniscas con más de un 95% de cuarzo), conglomerados finos y pelitas caoliníticas intercaladas.



Foto 1. Cuarcitita como agregado

Triturado de plástico PET (polietileno tereftalato): Agregado grueso, cuya función primordial en la mezcla es alivianar el bloque gracias a su reducido peso específico (1,38 Kg/dm³), reemplazando la incorporación de polvo de piedra cuarcita (2,65 Kg/dm³) y arena (2,4 Kg/dm³). Este material se compone de 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire.

Aditivo acelerante de fragüe: Producto que permite modificar los tiempos normales de fragüe sin modificar las características de la mezcla.

Tabla 1: Materiales y relaciones utilizadas en eco-block y bloque tradicional

		Eco-block	Bloque tradicional
Aglomerante		Cemento Portland Normal Cal	Cemento Portland Normal
Áridos	Tamaño máximo	18 mm	9,52 mm
	Contenido de finos	14,09 % (cemento + cal)	8 a 15 % (arena + cemento)
Relación Aglomerante - Áridos		1:6	1:8 a 1:12
Relación Agua - Cemento		0,44 (con aditivo)	0,35 a 0,45 (con aditivos plastificantes)

Fuente: Elaboración propia - GIASUDH

Nota: En la relación Aglomerante-Áridos del Eco-block la dosificación fue medida por peso y no por volumen, ya que es el procedimiento utilizado en la fabricación industrial de los bloques comerciales de hormigón.

Resultados: posibilidades técnicas y económicas.

Sobre esta base se han realizado los primeros ensayos en probetas normalizadas de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de alto, encabezadas con azufre. Han sido sometidas a ensayos de compresión en una prensa hidráulica. Avances de resultados de primeros ensayos de compresión:

Tabla 2: Valores de rotura No portante –Mpa

		Eco-block
Condición de carga		No portante
Resistencia a la compresión		16,9 Kg/cm ² (1,66 MPa)
Peso x unidad	Con plástico	12,00 Kg
	Sin plástico	13,80 Kg

Tabla 3: Valores de rotura Portante –Mpa

		Eco-block
Condición de carga		Portante
Resistencia a la compresión		52,06 Kg/cm ² (5,11 MPa)
Peso x unidad	Con plástico	12,00 Kg
	Sin plástico	13,80 Kg

La norma IRAM “Bloques de Hormigón” N° 11.561 establece el umbral de 5 MPa para la condición de bloque portante.

La inclusión de plástico como agregado, en reemplazo del polvo de piedra, permite a partir de una relación 2:1 una reducción del peso del bloque de un 13,04%.



Foto 2. Ensayos de resistencia

Relación de costos entre eco-block y otros materiales similares del mercado

Tabla 4. Relación de costos entre eco-block y bloques y ladrillos del mercado de construcción

		TIPO DE PARED					
		Eco-block 20x20x40	Bloque de Hº liso portante 20x20x40	Bloque de Hº simil piedra 20x20x40	Ladrillo cerámico portante 18x18x33	Ladrillo hueco 12 agujeros 18x18x33	Ladrillo común de 1ª calidad 25,5x12,5x5,5
PESO (Kg)		12	15	18	7,4	6,5	2,3
PRECIO UNITARIO		\$ 3,25	\$ 7,60	\$ 10,58	\$ 4,04	\$ 3,27	\$ 0,71
CANT. DE UNIDADES (x m2)		12,5	12,5	12,5	15	15	90
\$ LADRILLO Y BLOQUES (x m2)		\$ 40,63	\$ 95,00	\$ 132,25	\$ 60,60	\$ 49,05	\$ 63,90
MORTERO DE ASIENTO (x m2)	Cemento	\$ 33,20 bolsa x 50 Kg	3,30 Kg	3,30 Kg	3,30 Kg	0,78 Kg	5,85 Kg
	Cal	\$ 13,95 bolsa x 20 Kg	1,50 Kg	1,50 Kg	3,00 Kg	5,60 Kg	13,20 Kg
	Arena	\$ 96,00 x m3	0,015 m3	0,015 m3	0,015 m3	0,027 m3	0,065 m3
\$ MORTERO DE ASIENTO (x m2)		\$ 4,68	\$ 4,68	\$ 4,68	\$ 4,05	\$ 10,38	\$ 20,03
Mano de Obra (x m2 pared)		Oficial \$ 14,27 h Ayud. \$ 12,07 h	0,60 h (36 min) 0,45 h (27 min)	0,60 h (36 min) 0,45 h (27 min)	0,40 h (24 min) 0,35 h (21 min)	1,00 h (60 min) 0,85 h (51 min)	1,45 h (87 min) 1,90 h (114 min)
\$ Mano de Obra Mortero (x m2 pared)		\$ 13,99	\$ 13,99	\$ 13,99	\$ 9,93	\$ 24,53	\$ 43,62
REVOQUE GRUESO 1,5 cm (x m2)	Cemento	\$ 33,20 bolsa x 50 Kg	1,22 Kg	1,22 Kg	----	3,70 Kg	3,70 Kg
	Cal	\$ 13,95 bolsa x 20 Kg	2,38 Kg	2,38 Kg	----	7,20 Kg	7,20 Kg
	Arena	\$ 96,00 x m3	0,012 m3	0,012 m3	----	0,034 m3	0,034 m3
AZOTADO HIDROFUGO 0,5 cm (x m2)	Cemento	\$ 33,20 x m3	2,70 Kg	2,70 Kg	----	2,70 Kg	2,70 Kg
	Arena	\$ 96,00 x m3	0,006 m3	0,006 m3	----	0,006 m3	0,006 m3
	Hidrofugo	\$ 61,25 lata x 20 Kg	0,20 Kg	0,20 Kg	----	0,20 Kg	0,20 Kg
REVOQUE FINO 0,5 cm (x m2)	Cemento	\$ 33,20 bolsa x 50 Kg	0,90 Kg	0,90 Kg	----	0,90 Kg	0,90 Kg
	Cal aérea	\$ 22,30 bolsa x 25 Kg	3,20 Kg	3,20 Kg	----	3,20 Kg	3,20 Kg
	Arena	\$ 96,00 x m3	0,012 m3	0,012 m3	----	0,012 m3	0,012 m3
Mano de Obra * (x m2 pared)		Oficial \$ 14,27 h Ayud. \$ 12,07 h	1,24 h (74 min) 0,69 h (41 min)	1,24 h (74 min) 0,69 h (41 min)	1,78 h (107 min) 1,12 h (67 min)	1,78 h (107 min) 1,12 h (67 min)	1,78 h (107 min) 1,12 h (67 min)
\$ Mano de Obra Revoques (x m2 pared)		\$ 37,22	\$ 37,22	----	\$ 57,25	\$ 57,25	\$ 57,25
TOTAL PARED (x m2)		\$ 96,52	\$ 150,89	\$ 150,92	\$ 131,83	\$ 141,21	\$ 184,80
Porcentuales de diferencia			+56,33%	+56,36%	+36,58%	+46,30%	+91,46%

* UOCRA - Convenio Colectivo de Trabajo 78/75 Mayo 2010

FUENTE: Elaboración propia - GIASUDH

6/2008	Porcentuales de diferencia	Eco-block	+76,64%	+93,81%	+46,43%	+54,44%	+103,33%
6/2010		Eco-block	+56,33%	+56,36%	+36,58%	+46,30%	+91,46%
		Resultado comparado	(-20,31%)	(-37,45%)	(-9,85%)	(-8,14%)	(-11,87%)

Los precios de materiales corresponden a agosto 2008 e incluyen IVA. Surgen del promedio de 6 listados de precios de materiales publicados. (Clarín Arquitectura, Matyser, Abelson, Ombú, Sada y Nimat).

Este cuadro nos está indicando que hubo una reducción en la diferencia porcentual entre el bloque Eco-block y el resto de los mampuestos analizados, durante el período 2008 y 2010.

Sin embargo, y a pesar de una apreciación mayor del Eco-block con respecto a los otros, los márgenes de economía son muy importantes existiendo una brecha de más del 35% con respecto al más cercano competidor.

IV.2. Otras experiencias con cuarcitas de la formación Balcarce: ventanas de hormigón y pilares para conexión de electricidad domiciliaria.

Solo a modo de enunciación y cómo prueba de otras posibilidades de desarrollo nos interesa presentar dos experiencias que se encuentran en fases iniciales, tanto técnico-productivas como en la gestión de sus procesos.

Ventanas de hormigón corredizas: dentro de los procesos de construcción de la vivienda, las carpinterías constituyen un aspecto problemático. Tanto por variables referidas a costos, mantenimiento y seguridad la experiencia en ambos barrios demostró una buena recepción de carpinterías de hormigón. Surge así la iniciativa de construir una matriz de chapa para fabricar ventanas de hormigón con la innovación de ser corredizas (foto 3).

Se realizaron reuniones con emprendedores, interesados en comprar el producto, responsables de la Empresa Yaraví S.A., investigadores del programa y un carpintero que integra el proyecto y que desarrolló la idea y la construcción de la matriz. Se analizó y acordó que este nuevo producto generaría posibilidades en distintos niveles, tanto en el sentido de prestaciones como en costos en relación con producto similar en mercado.

Se utilizó la relación 1-2 aglomerante-áridos, luego las mismas relaciones entre aglomerante y agua y proporciones de tipos de áridos cuarcitas de Balcarce a los utilizados en los bloques cementicios.

Luego de una serie de pruebas en laboratorio, y con un acuerdo de calidad del producto obtenido se realizó una capacitación en el galpón productivo, con presencia de investigadores del programa (foto 4) y en este momento en etapa de producción (foto 5)



Foto 3. Ventanas de hormigón. Capacitación



Foto 4. Ventanas de hormigón corrediza



Foto 5. Ventanas de hormigón

Pilares de hormigón, esta experiencia en desarrollo implica la aplicación de esta cuarcitita a un emprendimiento que articula la Universidad, a través del GIASUDH, Canteras Yaravi que aporta el material de áridos, EDEA (Empresa de electricidad de energía atlántica) que comprará los pilares a los emprendedores del barrio Alto Camét, y la Municipalidad de General Pueyrredón, a través de cooperativas, llevará a cabo la colocación de los pilares en los hogares seleccionados por situación de riesgo.

La matriz fue elaborada en madera, también por el carpintero socio del GIASUDH, sobre la base de las normas y formato del pilar de hormigón comercializado. Se realizaron pruebas en laboratorio, respecto de tipo de armadura de hierro, dosificaciones y forma de armado, componentes y sus articulaciones, en función de cajas para conexión normalizadas, caños y formas de desencofrado (foto 6) a fin de favorecer una rápida y práctica ejecución.



Foto 6. Pilares de hormigón. Encofrado

En la dosificación se adoptaron las siguientes relaciones: aglomerante-áridos 1-2, áridos fino-grueso 0,5, y agua- cemento 0,65.

Se realizó una capacitación a emprendedores en el barrio (foto 7) y en forma inmediata se inició la producción de los primeros diez pilares que adquiriría EDEA (foto 8).



Foto 7. Pilares de hormigón. Capacitación



Foto 8. Pilares de hormigón. Material cuarcitita y primera producción

V. Posibilidades productivas e inserción en redes territoriales para el desarrollo de tecnologías sociales.

Resultados emprendimientos productivos en Monte Terrabusi y Alto Camet.

Sobre la base territorial analizada, se ha promovido en un hogar, matrimonio y 10 hijos de Alto Camet, con el que se había trabajado previamente tanto el plan agua como de gestión participativa de vivienda, una capacitación para la autoelaboración de bloques cementicios para uso comunitario y como emprendimiento. Esta iniciativa se sostiene y ha sido instalada y reconocida en el barrio.

Las paredes de chapa y madera están dando lugar a construcciones con bloques. De esta forma, este proceso de cogestión del hábitat y la vivienda se puede constituir también en un proceso de construcción de ciudadanía. Al emprendimiento de bloques se suma en este espacio la producción de pilares de hormigón, a través de la acción de varias instituciones, esto permitió abrir las redes sociales de trabajo y generar otras oportunidades de empoderamiento y promoción humana.

Un pilar en un hogar es mucho más que un problema de conexión domiciliaria. La conexión de energía eléctrica promueve el proceso de urbanización de este asentamiento, el acceso a derechos humanos y ciudadanos básicos, y favorece a través de un ingreso formal al sistema la puerta a otras legalidades debidas, por ejemplo la regularización de dominio. Se allanan así caminos para trabajar en otras historias del problema de la pobreza.

En el barrio Monte Terrabusi, nuevas prácticas abren promisorios territorios posibles: el trabajo en la autoproducción de bloques cementicios y las innovaciones y experimentaciones en la producción de ventanas de hormigón permiten soñar con otras proyecciones.



Foto 9. Autoproducción y emprendimiento de bloques cementicios



Foto 10 a. Vivienda construida en Barrio Monte Terrabusi



Foto 10 b. Vivienda construida en Barrio Monte Terrabusi



Foto 10 c. Vivienda construida en Barrio Monte Terrabusi



Foto 10 d. Vivienda construida en Barrio Monte Terrabusi

DISCUSIÓN

Estos materiales contribuyen a la estrategia de conformar polos productivos de pequeña y mediana escala situados en los mismos barrios con equipamiento manual o de bajo costo energético, orientados a la elaboración de componentes de viviendas semi-complejos (que impliquen un valor agregado diferencial con altos grados de innovación) y que sean maleables (de fácil manipulación y transporte). En conjunto se puede así apuntar a generar un sistema que se conforme como fuente de generación de ingresos comunitarios mediante la autogestión asistida.

Las cuarcititas de la formación Balcarce son el centro de muchas historias, de un bloque accesible y apropiado, de técnicas, de investigación, de capacitación, de emprendedores, de circuitos económicos alternativos, de pilares de luz que son umbrales de urbanización y de derechos a la ciudad, de innovaciones apropiadas por un colectivo social.

Historias que apuntan a la integración social, a un modelo de transferencia y cogestión interinstitucional. A un modo de pensar el desarrollo local, en una perspectiva ambiental y a escala humana, a partir de la vinculación entre sociedad civil (y la promoción del capital social y humano instalado en los barrios), una empresa y su compromiso socio-ambiental en un marco de responsabilidad social empresarial y la universidad, a través de un programa interdisciplinario que busca otra forma de pensar los problemas y lo que se entiende por transferencia social. Esta prueba piloto es un avance para la discusión en esa dirección.

BIBLIOGRAFÍA

AABH-INTI-ICPA. (2005). Reglamento Técnico de Bloques de Hormigón. Programa de Certificación de bloques y adoquines de hormigón.

Bagnasco, A., F. Piselli, A. Pizorno y C. Triglia. (2003). El Capital Social. Instrucciones para su uso. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

Berretta, H. (1987) Promoción para las mayorías. Ed. Humanitas.

Berreta, H. (2007) Presentación en el II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular, AVE-CEVE, Córdoba, 19/21.09.07

Boisier, S. (2002). ¿Y si el desarrollo fuese una emergencia sistémica? En Exposición Fundación Universidad de Sevilla (inédito).

Boisier, S. (2001). Desarrollo (local): ¿De qué estamos hablando?. En Estudios Sociales Nº 103, C.P.U, Santiago de Chile, también en Vázquez Barquero A. y O.

Cacopardo, F. (2001). Introducción. El territorio como relación. En F. Cacopardo (ed.) ¿Qué hacer con la extensión? Edit. Alianza, Buenos Aires.

Cacopardo F., P. Lucero, C. Mogensen y L. Aguirre (2005). Mapa de riesgo habitacional y de detección de capital humano y social del peri urbano de Mar del Plata. VIII Jornadas Argentinas de Estudios de Población, Asociación de Estudios de Población de la Argentina (AEPA), Tandil, Argentina.

Dagnino, R.; CruvinelBrandão, F.; Tahan Novaes, H. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. En: Tecnologia Social. Uma estratégia para o desenvolvimento: 33-34. CIP, Rio de Janeiro. Fundação Banco do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil.

González Lobo, Carlos. (1993) Revista Tres arquitecturas y un solo destino. Crónicas de la cultura en México. Editada por El Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Año 3. Número 6. Junio de 1993.

INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

-2001. "Censo Nacional de Población y Vivienda". Ciudad de Buenos Aires.

-2008. "Informe sobre Pobreza, 1er Semestre 2008". Ciudad de Buenos Aires.

Leggiero J., Ruggiero M., Del Río L. (2009). La minería de áridos como aporte al desarrollo sustentable y local: El caso de Canteras Yaraví en Chapadmalal-Batán, Partido de General

Pueyrredón- Buenos Aires. Argentina. Los Áridos una materia prima estratégica. Segundo Congreso Nacional de Áridos. Valencia, España. 5 p

Obis Sánchez, J. (2006). La responsabilidad Social Corporativa en el sector de los áridos. Primer Congreso nacional de Áridos. Zaragoza, España. 11p.

Parra y Alfaro J. L., Sanabria Zapata C. M., González Serrano P., Freire Hernández K., Martín Pérez S. (2008). Aplicabilidad de los áridos reciclados a la fabricación de hormigón estructural. Proyecto

Recnhor. Tomo I: Los Áridos como factor de desarrollo. Primer Congreso Argentino de Áridos. Mar del Plata, Argentina. 9p.

Parra y Alfaro J. L., Sanabria Zapata C. M., Maceda Alonso M., Martín Pérez S. (2009). Áridos reciclados para fabricación de hormigones estructurales. Proyectos Recnhor y Cleam. Los Áridos una materia prima estratégica. Segundo Congreso Nacional de Áridos. Valencia, España. 4p

Rigou M. (2008). Responsabilidad Social Empresaria y Minería. Tomo I: Los Áridos como factor de desarrollo. Primer Congreso Argentino de Áridos. Mar del Plata, Argentina. 5p.

Ortecho, R, Peyloubert, P y De Salvo, Laura (2007). Ciencia y tecnología para el hábitat popular. Construcción y participación del conocimiento. Compilación. Seminario Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el hábitat popular. Nobuko, Buenos Aires.

Pelli, V (2007). Habitar, Participar, Pertener. Acceder a la vivienda-incluirse en la sociedad. Nobuko, Buenos Aires.

Pelli, V. (1994). ¿Cómo entendemos la pobreza? Las ONG en la construcción de la ciudad. Seminario internacional: La ciudad para todos, Programa Arraigo, Buenos Aires. Publicación Módulo

de Maestría. Formas participativas de la gestión habitacional, Maestría en Hábitat y Vivienda de la FAUD-UNMdP.

Pelli, V. (1994). El camino hacia la gestión participativa y concertada del hábitat. En V. Pelli (coord.) Reflexiones sobre la autoconstrucción del hábitat popular en América Latina, Programa CYTED, El Salvador. Módulo Maestría en Hábitat.

GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. Españ.a Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

La industria extractiva de los áridos tiene entre sus objetivos el fomento y mejora de las prácticas encaminadas a compatibilizar las actividades productivas con la protección de los biotopos.

Por el desarrollo intrínseco de la propia actividad extractiva, se propicia la aparición de hábitats nuevos y diversificados donde, las especies animales y las vegetales encuentran refugio.

Cuando una explotación de áridos se explota y rehabilita adecuadamente, se desarrolla flora y fauna que ponen de manifiesto el potencial ecológico de la actividad. Además, muestra que la extracción de rocas y minerales no sólo no es perjudicial para su entorno, sino que puede ser beneficiosa cuando se gestiona convenientemente.

Las técnicas empleadas para proteger la biodiversidad deben estar adaptadas a cada situación y al tipo de hábitat existente. Es tarea de la empresa, determinar los procedimientos a aplicar en cada caso.

A través de la guía “Gestión de la Biodiversidad en Explotaciones de Áridos” elaborada por ANEFA, se ha facilitado a empresas, administraciones y otros colectivos, la adecuada interpretación de la legislación europea en materia de biodiversidad, ejemplos de buenas prácticas y una vía de información a las partes interesadas.

ABSTRACT

Aggregates industry has between its aims the promotion and improvement of good practices leading to the compatibility of industry activities with biotope protection.

The emergence of new and diversified habitats where fauna and flora find appropriate shelter, is inherent to extractive activity.

When an aggregates exploitation is well carried out and rehabilitated, fauna and flora are developed, showing not just the ecological potential of the activity but that minerals and rocks extraction could be more than innocuous, if well managed, beneficial to the area.

Is the company duty to determinate the appropriate adaptive to each situation and habitat techniques to apply to protect biodiversity.

On the Guide “Biodiversity Management on Aggregates Exploitations”, companies, administrations and others can find adequate environmental European legislation interpretation, good practices examples and a good channel Information to interested parties.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es directamente responsable de alrededor del 40% de la economía mundial, particularmente en sectores como la agricultura y la silvicultura y proveedora de servicios de los ecosistemas, como agua potable y la fertilidad del suelo.

Ahora mismo, la industria extractiva de los áridos se encuentra inmersa en un proceso continuo de desarrollo y de mejora de las prácticas encaminadas a compatibilizar las actividades productivas con la protección de los ecosistemas.

Las propias modificaciones del terreno originadas por el avance de las explotaciones propician, cuando la gestión es adecuada, la aparición de hábitats nuevos y diversificados donde, tanto las especies animales como las vegetales encuentran refugio. Por ejemplo, en un simple frente de arranque, con sus bermas y taludes, pueden encontrarse biotopos diferentes donde pueden convivir anfibios, reptiles, insectos, pájaros, flores y plantas.

Un signo de buena práctica medioambiental, en las canteras y graveras activas, es la biodiversidad que albergan, muestra de que la extracción de rocas y minerales no sólo no es perjudicial para su entorno, sino que puede ser beneficiosa cuando se gestiona convenientemente. Es muy frecuente encontrar numerosas especies que permanecen desde el inicio de la explotación o que la han colonizado y conviven habitualmente con los equipos de trabajo y los trabajadores.

Las técnicas empleadas para proteger la biodiversidad deben estar adaptadas a cada situación y al tipo de hábitat existente. Es tarea de la empresa, determinar los procedimientos a aplicar en cada caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las empresas de la industria extractiva europea de fabricantes de áridos, representadas por la Unión Europea de Productores de Áridos – UEPG -, que gestionan cerca de 28.000 canteras o graveras en Europa con unos 350.000 empleos directos, reconocen que:

Cada explotación de áridos, en ausencia de medidas preventivas y correctoras, puede tener un impacto potencial sobre la biodiversidad.

La importancia de la biodiversidad en cada una de las etapas que conforman la actividad de producción de áridos, antes, durante y después de la extracción, lo que permite la creación de nuevas áreas naturales y nuevos hábitats.

El impacto de las áreas naturales creadas con motivo de la actividad en las canteras y graveras es positivo para las comunidades locales gracias, entre otros aspectos a su amplia variedad (por ejemplo, acantilados, zonas húmedas, depósitos de agua).



Ilustración 1: Gravera rehabilitada como humedal

Para apoyar estas consideraciones, la UEPG y las asociaciones miembro, como la Federación de Áridos se comprometen a:

Asegurar el cumplimiento de la legislación vigente en el ámbito de la diversidad biológica.

Fomentar la mejora continua en la aplicación de buenas prácticas en cada explotación, incluida la incorporación de las consideraciones relativas a la biodiversidad en la gestión ambiental y en la formación de los trabajadores.

Difundir entre sus miembros buenas prácticas para el fomento de la conservación de la biodiversidad.

Promover el diálogo con las partes interesadas, incluidas las instituciones de la Unión Europea, las organizaciones no gubernamentales (ONG), expertos científicos y las comunidades locales.

Colaborar activamente en la consecución de los objetivos de la biodiversidad de la Unión Europea.

Defender la compatibilidad de las explotaciones de áridos con las áreas de la red Natura 2000.

Las empresas del sector extractivo en España llevan mucho tiempo demostrando su compromiso con la conservación del entorno a través de:

La implantación Sistemas de Gestión Ambiental

Participación en el Día de los Árboles y los Áridos:

Anualmente, se celebra el Día de los Árboles y los Áridos, evento de gran repercusión que tiene por objetivo fundamental la promoción de la actividad, favorecer el acercamiento a la sociedad e inculcar a los niños la importancia de cuidar y respetar el medio ambiente.

En ediciones anteriores, esta acción se ha integrado en el acuerdo “Countdown 2010 -Save Biodiversity”, por el cual el sector europeo de los áridos se comprometió a promover activamente la protección de la biodiversidad y, también, en la campaña europea de puertas abiertas European Minerals Day.

Premios de Desarrollo Sostenible – Categoría Biodiversidad

En 2010, tanto en España como en Europa, se han otorgado los Premios Nacionales y Europeos de Desarrollo Sostenible, en una categoría especial convocada con motivo de ser el año internacional de la biodiversidad.

El primer premio de biodiversidad concedido en España a la Gravera El Puente, S.L., de Holcim España, ha recibido asimismo el primer premio europeo, por la calidad y riqueza de la biodiversidad alcanzada en la rehabilitación por fases de la actividad.

Acuerdo marco con la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza

En nombre de todo el sector de áridos europeo, la Asociación Europea de Productores de Áridos –UEPG – ha firmado, en 2008, un acuerdo marco de colaboración con la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza para promover activamente la implicación del sector en la mejora de la biodiversidad.

Proyecto GAP Áridos

Las Asociaciones sectoriales de la industria extractiva están desarrollando programas para la sensibilización empresarial a favor de la biodiversidad, como es el caso del proyecto GAP Áridos de ANEFA (www.medioambienteyaridos.org), financiado y apoyado por la Fundación Biodiversidad y el Fondo Social Europeo, en el que colabora activamente la Federación de Áridos – FdA.

Acuerdos específicos con organizaciones de defensa de la naturaleza

Cada vez son más frecuentes los casos de empresas extractivas que establecen acuerdos con organizaciones de defensa de la naturaleza para promover conjunta, consensuada y coordinadamente programas de protección de la biodiversidad y de seguimiento de su evolución.

Fruto de estos acuerdos, existen numerosas iniciativas, en las que biólogos especialistas están gestionando la evolución de la explotación y la eficacia de las medidas propuestas para proteger o potenciar la biodiversidad.

Estos acuerdos están desembocando, asimismo, en programas de investigación específicos y en acuerdos entre empresas y Universidades.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Enfoque Unión Europea Post 2010

La Unión Europea, considera estratégico poder integrar a los sectores económicos dentro de su estrategia post 2010 para la biodiversidad, fomentando que éstos incorporen en sus

políticas sectoriales las consideraciones relativas a la conservación y protección de la misma.

Por lo tanto, este enfoque de la Unión Europea busca implicar a las empresas en la mejora de la biodiversidad, para lo que se establece que:

Natura 2000 no pretende impedir la actividad económica sino asegurar un uso sostenible de la naturaleza.

Natura 2000 ofrece un marco para la planificación espacial y para un uso del suelo multifuncional que aúne la conservación de la naturaleza con las necesidades sociales.

Natura 2000 requiere de un proceso participativo, transparente y con compromisos a largo plazo.

El compromiso de los sectores económicos con los objetivos de la red Natura 2000 debe ser reconocido y recompensado.

Aplicación e intercambio de buenas prácticas.

A todo ello se suma la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo denominada La iniciativa de las materias primas: cubrir las necesidades fundamentales en Europa para generar crecimiento y empleo COM (2008) 699 que viene a incidir en el mismo sentido.

Como parte del enfoque post 2010, la Comisión Europea ha puesto en marcha la Plataforma Europea Business and Biodiversity: B@B, orientada a promover:

Adopción de políticas, estrategias y planes de acción de biodiversidad en las empresas.

Intercambios de conocimientos y de buenas prácticas.

Actuaciones positivas de las industrias en relación con la biodiversidad.

La industria extractiva es uno de los sectores prioritarios de la citada plataforma, lo que prueba el interés que suscita para la consecución de los objetivos.

Red Natura 2000 en España:

La red Natura 2000 es la red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Cada país ha designado sus áreas de red Natura de acuerdo con criterios científicos y la información disponible sobre biodiversidad. Sin embargo, en el caso de España y de otros países de la UE, no siempre se ha tenido en cuenta la realidad preexistente y, en concreto:

Explotaciones mineras

Derechos mineros

Esto ha desembocado en conflictos innecesarios con actividades industriales y en una interpretación errónea de la Directiva Hábitat, que determina los criterios para definir áreas

Natura 2000, específicamente de su artículo 6.3., que ha llevado a muchas administraciones competentes a la aplicación errónea de un criterio de exclusión, deficiencias que ahora la Comisión Europea está intentando resolver.

En la actualidad, las áreas propuestas por España cubren el 97 % de los objetivos de especies y hábitats de la Directiva Hábitat (Anexo I y II). De éstas:

El 20,6% (105.000 km²) del territorio está ocupado por las 599 ZEPAs, siendo España el principal contribuyente, con el 18,3% de la superficie europea.

El 24,6% (131.500 km²) del territorio está ocupado por las 1.448 LICs, siendo nuevamente España el principal contribuyente, con el 18,3% de la superficie europea.

Dado que en muchas ocasiones estas áreas se superponen, en la actualidad, el 23,4% del territorio está protegido dentro del ámbito de red Natura 2000. España aporta la misma superficie que Francia, Alemania y el Reino Unido, conjuntamente.

La Guía Europea Extracción de minerales no energéticos y Natura 2000

La Comisión Europea es consciente de la importancia del acceso al suelo para la extracción de minerales en la Unión Europea, debido a la creciente demanda de materias primas, necesaria para mantener la calidad de vida de los ciudadanos europeos.

Asimismo, conocedora de los problemas que la errónea interpretación de la Directiva Hábitat que están realizando muchas administraciones competentes en la práctica totalidad de los países de Europa, la Comisión Europea ha publicado, en julio de 2010, la *Guía Europea Extracción de minerales no energéticos y Natura 2000*. Esta guía tiene como fin garantizar un acceso sostenible a los recursos naturales que son las materias primas, entre las que se encuentran los áridos.

Este documento recoge nuevas directrices para aclarar que las industrias extractivas **SÍ** que son compatibles con las áreas naturales protegidas, en la mayor parte de los casos, y para hacer frente a:

Los conflictos innecesarios con actividades industriales que deseen establecerse en dichas áreas.

La aplicación errónea de un criterio de exclusión, basado en una incorrecta interpretación del artículo 6.3. que identifica áreas de red Natura, como áreas donde prohibir la actividad extractiva.

La ausencia de concreción de las denominadas zonas “ocultas” Natura 2000 y áreas de dispersión no definidas, establecidas habitualmente sin criterios objetivos.

La falta de criterios técnicos consistentes y transparentes que creen la debida seguridad jurídica para los promotores de actividades extractivas.

Todo plan o proyecto que pueda tener un efecto significativo sobre el área de red Natura 2000, tanto individualmente como en combinación con otros planes o proyectos, debe someterse a una evaluación adecuada sobre sus implicaciones sobre los objetivos de conservación:

Las autoridades competentes tienen que aprobar el proyecto o el plan si la integridad del área está garantizada.

Deben analizarse los efectos potenciales que ocasiona cada actividad extractiva sobre la naturaleza, teniendo en cuenta que:

La industria extractiva no energética debe ubicarse donde se encuentran los recursos naturales.

La biodiversidad puede verse afectada a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, de forma directa o indirecta y de forma negativa o positiva.

La importancia del impacto depende del tipo/forma/método de explotación y de la sensibilidad del medio.

La UE reconoce que la industria extractiva no energética tiene un importante potencial para contribuir positivamente a la biodiversidad.

La industria conoce y aplica medidas para prevenir y reducir los impactos.

Se requieren proyectos adecuados, con una integración efectiva de la conservación de la naturaleza en las etapas de diseño y de operación.

Es posible la rehabilitación de las explotaciones (re)creando hábitats y reintroduciendo especies.

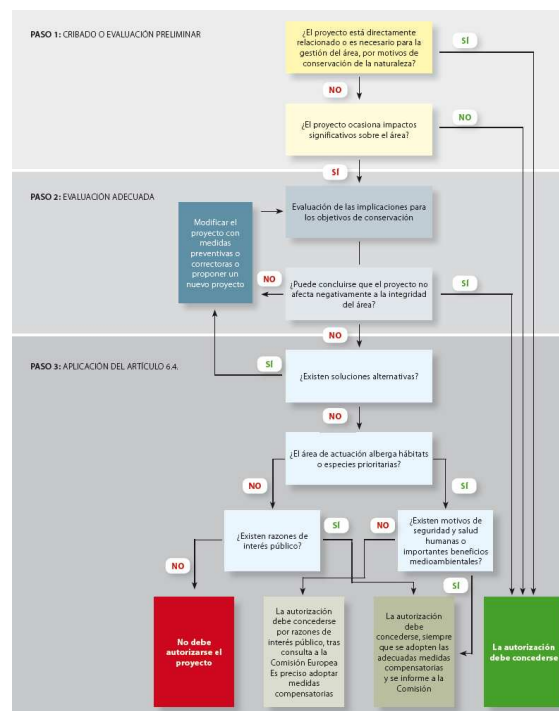


Ilustración 2: Diagrama de decisión de evaluación de proyectos. Fuente Guía Europea Extracción de minerales no energéticos y Natura 2000. (2010) Comisión Europea

Vínculo entre la industria extractiva y la biodiversidad

El vínculo real entre la cantera, la biodiversidad y el bienestar local está relacionado con el adecuado funcionamiento a largo plazo de los ecosistemas que interactúan en cada caso. Existen dos fases que pueden diferenciarse en la interrelación de la actividad extractiva con los ecosistemas:

Durante la vida de la explotación los impactos deben controlarse con las medidas preventivas planificadas en el diseño del proyecto y la rehabilitación de los terrenos afectados debe llevarse a cabo progresivamente, siempre que sea posible.

Después del final de las actividades de extracción, debe concretarse y culminarse el proyecto de rehabilitación de las áreas afectadas, reintegrando los suelos a los usos previstos.

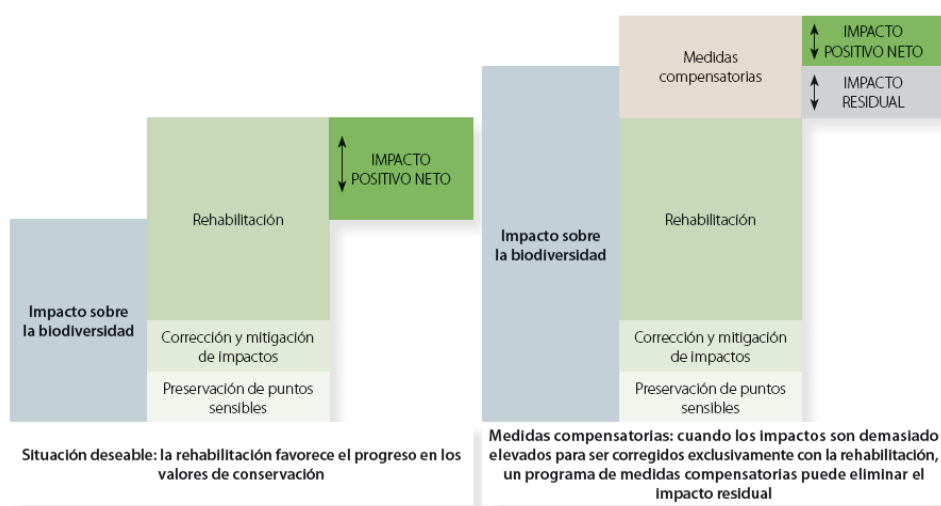


Ilustración 3: Lafarge and biodiversity

CONCLUSIONES

Los ecosistemas proporcionan numerosos beneficios o "servicios de los ecosistemas" a la sociedad. Por ejemplo, los bosques proveen de madera para construcción y para combustible, regulan el clima, purifican el agua y aportan materiales para la construcción de viviendas, mientras que los ríos suministran agua dulce, espacios para el ocio, alimentos y energía.

Por ello, deben analizarse cuidadosamente las consecuencias de inducir cambios que alteren el funcionamiento de los ecosistemas como consecuencia de la actividad de una cantera o una grava. De hecho, el procedimiento de evaluación de impacto ambiental tiene entre sus objetivos principales, tener en cuenta los posibles efectos de la actividad que se propone desarrollar sobre los ecosistemas que puedan verse afectados, con objeto de prevenirlos, mitigarlos o corregirlos.

La gestión de la biodiversidad en explotaciones de áridos está a la orden del día, tanto por exigencias de la administración, stakeholders y el compromiso adquirido por la industria con

la conservación del medio. Por este motivo. Las asociaciones empresariales tienen como objetivo facilitar a empresas, administraciones y otros colectivos, a la adecuada interpretación de la legislación europea en materia de biodiversidad. Igualmente, se está trabajando muy activamente en exponer la política de la Comisión Europea acerca de la posibilidad efectiva de compatibilizar la industria extractiva no energética – y por lo tanto la actividad de extracción de áridos – con las áreas de red Natura 2000.

Es necesario aproximar a los empresarios que deseen promover nuevos proyectos de explotación una metodología que permita la toma en consideración de la protección de la biodiversidad desde la fase de exploración hasta la de clausura y abandono.

Por todo ello, ANEFA ha desarrollado la “Gestión de la Biodiversidad en Explotaciones de Áridos” de ANEFA, que además incorpora:

Aportar buenas prácticas para la correcta gestión de la biodiversidad en las zonas afectadas por la explotación de canteras y graveras.

Poniendo de manifiesto que la aplicación de buenas prácticas en la gestión de la biodiversidad en canteras y graveras reporta múltiples beneficios como la conservación de los hábitats existentes, creación de nuevos hábitats, mejora de la calidad de los suelos, fomento de la biodiversidad, ayuda a la conservación de especies, constitución de nuevos refugios de fauna, etc.

Facilitar la comprensión de las interfaces entre las actividades extractivas y la biodiversidad. Evaluar las fases de la actividad que comportan, en ausencia de medidas adecuadas, impactos negativos para el medio ambiente.

Evitar o mitigar los impactos potenciales sobre la biodiversidad.

Explorar el potencial de contribuir a la conservación de la biodiversidad.

Acercar a las partes interesadas algunas técnicas, tecnologías y procedimientos que optimizan los resultados sociales y ambientales de la explotación de canteras y minimizan los impactos negativos.

Presentar ejemplos y casos prácticos sobre buenas prácticas en la mejora de la diversidad biológica.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA (2010). Gestión de la Biodiversidad en Explotaciones de Áridos.

Comisión Europea (2010). Guía Europea Extracción de minerales no energéticos y Natura 2000.

www.aridos.org

www.medioambienteyaridos.org

<http://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/resources-center/extractive-industry>

www.uepg.eu

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS 2010

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. España. Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

El diagnóstico ambiental de las PYME del sector de los áridos 2010 forma parte del Programa Estratégico Integral para la Mejora de la Gestión Ambiental de las Pymes del Sector de los Áridos "GAP ÁRIDOS".

Su objetivo ha sido difundir la situación del sector en cuanto a actuaciones ambientales, recogiendo propuestas para resolver los problemas medioambientales relacionados con esta actividad, de modo que pueda ser un instrumento de ayuda interno de cada empresa para conseguir mejorar su gestión ambiental.

A través de los resultados del trabajo de campo efectuado por el equipo de especialistas, el análisis de los datos obtenidos y comparando con la información de la situación medioambiental de sector del año 2004, han podido extraerse una serie de conclusiones principales: las empresas del sector de los áridos han seguido una evolución positiva y coherente en sus actitudes y acciones ambientales, integrando la práctica totalidad de consideraciones ambientales que la sociedad actual demanda. Esto se refleja en la actitud proactiva frente al medio ambiente del 85% de las empresas de la muestra analizada. No obstante, lo más importante es el cambio sustancial identificado de la actitud de las empresas respecto al medio ambiente, el fin en sí mismo ya no es el cumplimiento de las obligaciones legales, sino "tender lazos con el entorno, colaborar", es decir, realizar la actividad de una manera sostenible.

ABSTRACT

Environmental diagnosis is part of the Integral Strategic Plan to Improve Environmental Management on Aggregates Sector SMEs "GAP ÁRIDOS".

The aim of this Plan is to spread the situation of aggregates sector regarding its environmental initiatives, collecting proposals to solve environmental problems related to this activity, as a tool for each company to improve its environmental management.

Trough the field work of the specialists team, the analysis of the data and comparison of environmental situation on 2004, some conclusions have merge: Aggregates industry companies had had a positive evolution, consistent with attitudes and acting, integrating all environmental considerations requested by society. The 85% of analyzed companies reflected a proactive attitude to environment. Nevertheless, the most important item is the essential change of attitude towards environment of the companies; having as objective not just working within the law, but building bridges with the vicinity and work on a sustainable way.

INTRODUCCIÓN

El estudio “Diagnóstico Ambiental de las PYME del Sector de los Áridos 2010” forma parte del Programa Estratégico Integral para la Mejora de la Gestión Ambiental de las Pymes del Sector de los Áridos “GAP ÁRIDOS” de ANEFA, fruto de un convenio de colaboración con la Fundación Biodiversidad, organismo dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, englobado en el Programa Empleaverde y financiado por el Fondo Social Europeo en el marco del Programa Operativo «Adaptabilidad y Empleo» del periodo 2007-2013.

Ha sido realizado con el fin de difundir la situación del sector en cuanto a actuaciones ambientales, recogiendo, asimismo, propuestas para resolver los problemas medioambientales relacionados con esta actividad, de modo que pueda ser un instrumento de ayuda interno de cada empresa para conseguir mejorar su gestión ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La descripción de las actuaciones medioambientales que desarrollan las empresas del sector de los áridos, ha sido realizada por la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos -ANEFA-, entre noviembre de 2008 y noviembre de 2010. En esta actuación han participado tanto el equipo técnico de ANEFA, como las entidades colaboradoras AITEMIN y ALBA INGENIEROS CONSULTORES, S.L..

Fase I: Definición de la metodología de trabajo. El Comité de Medio Ambiente y Ordenación Territorial de la Asociación, definió una muestra suficientemente representativa compuesta por 30 empresas del sector, a partir de la cual se pudiera obtener, extrapolando, una imagen fiel y real de la problemática medioambiental del sector de los áridos. Además de estas empresas, participaron de forma voluntaria en el estudio otras 6 empresas, por lo que la muestra total ha sido de 36.

De la muestra analizada para el desarrollo de este informe (36 explotaciones de áridos), el 69,5 % son canteras, de las cuales el 32 % extrae caliza, el 8 % basalto, el 8 % carbonato cálcico, un 4 % corneana, otro 12 % dolomías y mármol, 4 % granito y un 4 % de milonita. El 30,5 % restante de la muestra lo constituyen graveras que extraen arenas y gravas.

Respecto a la ubicación de las explotaciones analizadas, el 22,2 % son de Andalucía, el 5,6% son de Aragón, 5,6% de Asturias, 2,8 % de las Islas Baleares, 5,6% de la Comunidad Valenciana, 5,6% de las Islas Canarias, 11% de Castilla-La Mancha, 11% de Castilla y León, 5,6% de Extremadura, 2,8% de Galicia, 2,8% de La Rioja, 2,8% de Madrid, 2,8% de Murcia y 2,8% de Navarra. Con esta muestra se representan todas las Comunidades Autónomas objeto de estudio del proyecto GAP Áridos.

Fase II: Validación de los cuestionarios. Se elaboraron dos cuestionarios, uno preliminar remitido a cada una de las empresas con antelación suficiente a la fase de trabajo de campo y otro para desarrollar el trabajo in situ. Ambos fueron validados en una empresa del sector y se modificaron ligeramente para adaptarlos, aún más, a las características de la actividad de producción de áridos.

Fase III: Envío del cuestionario a las empresas de la muestra. Con objeto de realizar un trabajo de campo más eficaz, se remitieron los cuestionarios preliminares a las empresas de la muestra, con antelación suficiente para que recabaran los datos necesarios.

Fase IV: Trabajo de campo. Se ha realizado una visita a cada una de las empresas de la muestra, con el propósito de resolver, in situ, las dudas relacionadas con la interpretación del cuestionario, ampliar la información con comentarios a las distintas cuestiones y recabar la opinión de las empresas.

El equipo se ha desplazado a cada explotación y ha realizado un recorrido de todas las instalaciones. Se ha visitado el frente de explotación, las planta de tratamiento, el taller, almacenes y oficinas para poder identificar y evaluar la situación ambiental. La visita a la explotación ha tenido la duración de 5 horas, en promedio aproximadamente, y además de la evaluación visual de las instalaciones, se ha hablado con los trabajadores y responsables de la explotación para conocer con exhaustividad el funcionamiento y situación de la misma.

Durante la visita se ha recogido material gráfico de la explotación de fotos y video con el objetivo de incluirlo en el informe ambiental.

Fase V: Proceso de los datos. Los datos obtenidos han sido analizados y procesados para hacerlos extensivos a la totalidad de empresas del sector, obteniéndose una imagen global de éste, así como una visión de las empresas que se han definido como líderes, proactivas, pasivas o reactivas en materia de medio ambiente.

En esta fase se han analizado los datos recogidos en la visita de campo y se ha evaluado la gestión ambiental realizada por cada empresa, a través de los datos recogidos en el cuestionario preliminar cumplimentado por los responsables de la explotación y en el cuestionario in situ cumplimentado por los técnicos que visitaron las instalaciones. Los resultados así obtenidos se han comparado con los obtenidos en una iniciativa similar realizada en el año 2004, lo que ha permitido obtener conclusiones interesantes sobre la evolución del sector.

También se ha realizado el contraste entre las exigencias ambientales recogidas tanto en el plan de labores como en la Declaración de Impacto Ambiental y los trabajos realizados hasta el momento por la explotación para cumplir con dichas prescripciones.

Fase VI: Redacción y validación del informe. Finalmente, el documento resultante ha sido supervisado y validado por el equipo de trabajo creado para la supervisión del proyecto.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La valoración global de las cuestiones generales medioambientales que afectan a las empresas señala que el aspecto más destacado está relacionado con la alteración o modificación del hábitat en la fase de explotación, calificado de importante, pero que está directamente ligado a la rehabilitación de la explotación después de esta fase. También son más relevantes, para las empresas, el polvo el ruido y las vibraciones (esto último sólo para las canteras, no graveras).

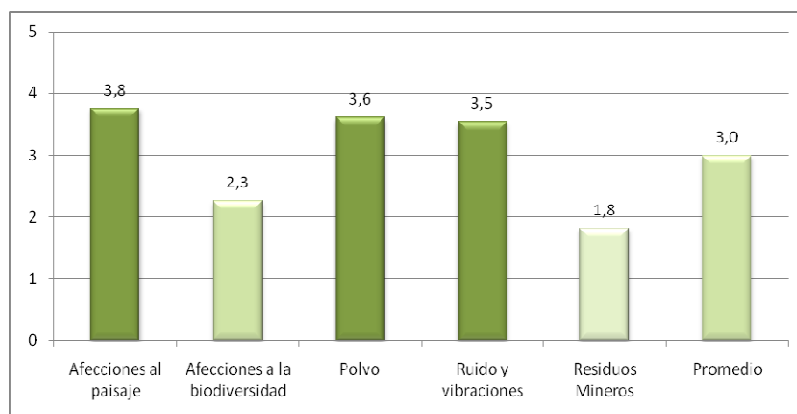


Ilustración 4: Importancia concedida a los problemas ambientales

De acuerdo con la actitud de las empresas hacia el medio ambiente, puede decirse que el perfil de las empresas, es muy similar entre sí, estando si cabe más agudizada la sensibilidad de las empresas líderes respecto al resto en cuanto a la conciencia de los problemas medioambientales.

Comparando con el conjunto de empresas de todos los sectores económicos¹, las empresas de áridos conceden más importancia a la mayoría de aspectos, excepción hecha de los residuos, que en el caso de esta actividad extractiva, al ser mayoritariamente inertes, causa una menor preocupación.

Como cuestiones que, en el sector de los áridos, no tienen prácticamente ninguna relevancia desde el punto de vista medioambiental, figuran la posibilidad de desastres por vertidos, y la generación de grandes volúmenes de residuos industriales y de residuos mineros. La producción de áridos genera residuos mineros inertes, que se gestionan íntegramente dentro del proceso, al emplearse como relleno en la rehabilitación de los terrenos. La problemática por drenajes de mina ácidos no afecta a esta actividad.

En las visitas a las explotaciones, se han evaluado, por especialistas multidisciplinares tanto los impactos sobre el medio ambiente que se tendrían en ausencia de medidas preventivas, como la eficacia de éstas.

Del balance entre el nivel de impacto y la eficacia de las medidas, resulta, la estimación sobre la situación real de protección al medio ambiente.

El siguiente cuadro resume la problemática medioambiental potencial asociada a cada una de las etapas de los procesos expuestos anteriormente, derivada de los resultados de campo obtenido en la muestra de explotaciones objeto de este estudio. Se trata de un resumen simplificado que compendia toda la información obtenida, mostrando valores promedio entre las explotaciones.

Se califica la posible incidencia medioambiental, de acuerdo con su importancia, tal y como se recoge en el cuadro que figura a continuación:

Tabla 1: Claves para la valoración de impactos y eficacia de las medidas preventivas

Importancia que tendría cada problema medioambiental si NO existieran las medidas preventivas disponibles en la explotación		Eficacia de las medidas preventivas implantadas en relación con cada problema medioambiental		Balance entre el impacto potencial y las medidas existentes	
Inexistente	0	No proceden	0		$-1 \leq$
Muy leve	$0 < a \leq 1$	No hay o no están operativas	$0 < a \leq 1$	Desfavorable	$0 < a < -1$
Leve	$1 < a \leq 2$	Insuficientes	$1 < a \leq 2$	Equilibrio	$0 \leq a < 1$
Moderado	$2 < a \leq 3$	Mejorables	$2 < a \leq 3$	Favorable	$1 \leq a < 2$
Importante	$3 < a \leq 4$	Eficaces	$3 < a \leq 4$	Muy favorable	$2 \leq$
	$4 < a \leq 5$		$4 < a \leq 5$	Inalterada	No existe impacto en ausencia de medidas preventivas y éstas no proceden

¹ Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno

Las principales afecciones medioambientales que se podrían producir en ausencia de medidas preventivas en las plantas de tratamiento de áridos residen, según se observa en la tabla 2 adjunta, en:

La generación de polvo en suspensión (4,2) y ruido (4,0) en la etapa de trituración, molienda y clasificación, cuando este proceso se realiza en vía seca. El ruido asimismo, es un elemento a considerar en las operaciones de carga y envío a destino, donde el impacto se evalúa con 3,1.

El impacto visual (3,2) de los acopios es otro de los asuntos que más destacan.

Los residuos peligrosos que se producen en las operaciones de mantenimiento, reparación de maquinaria, oficinas laboratorios y vestuarios son, asimismo, susceptibles de producir impactos (3,3) si no se gestionan adecuadamente.

El promedio general de los impactos que se producirían en ausencia de las medidas preventivas existentes es moderado (2,6) e inferior al caso de las etapas de extracción tanto en cantera como en gravera. Aunque se ha observado que, la eficacia de las medidas preventivas es superior (3,0), éstas se sitúan por debajo de la eficacia de las medidas que se aplican en la extracción tanto en canteras como en graveras. En conjunto, el equipo de especialistas estima que la afección medioambiental en los procesos de tratamiento está compensada y bajo control (0,4).

La tabla 2 resume los impactos, las medidas preventivas y la situación medioambiental en los procesos de tratamiento, tanto en húmedo como en seco (en este caso no aplica lo referente a lavado / desenlodado). Tal y como se muestra, se requiere mejorar la eficacia de las medidas preventivas en las siguientes etapas:

La generación de polvo en suspensión (-0,6) y ruido (-0,5) en la etapa de trituración, molienda y clasificación, presentan una situación desfavorable, sobre todo para la emisión de partículas cuando este proceso se realiza en vía seca. El ruido asimismo, es un elemento a considerar en las operaciones de lavado / desenlodado (-1,0), que es el resultado más desfavorable.

El impacto ocasionado por la gestión de los lodos inertes, en las operaciones de lavado / desenlodado, no es suficientemente corregido (-0,3) por las medidas preventivas puestas en práctica.

También es acusado el desequilibrio que se produce por escombreras y otras acumulaciones de materiales, en cuanto al impacto visual (-0,5) y la pérdida de capa vegetal (-0,2).

En el otro extremo, se encuentran 4 tipos de afección donde las medidas preventivas son netamente mucho más eficaces, permitiendo alcanzar un estado muy favorable (>1,0) de protección al medio ambiente. Entre éstas destacan las relacionadas con la protección de la calidad de las aguas y con la gestión de los residuos inertes.

Tabla 2: Proceso de producción de áridos

TRITURACIÓN MOLIENDA CLASIFICACIÓN	C. ATMOSFÉRICA	Polvo	3,6	-0,6	
		Ruido	4,0	3,4	
		Aceites y grasas / Inertes	3,0	3,7	
		C. HÍDRICA	Sólidos en suspensión	2,4	3,4
	C. ATMOSFÉRICA	Ruido	2,7	1,7	
LAVADO DESENLADADO	C. HÍDRICA	Sólidos en suspensión	1,0	1,0	
		Aceites y grasas	1,0	1,0	
		C. RESIDUOS	Lodos inertes	3,0	2,7
	C. ATMOSFÉRICA	Polvo	3,0	3,3	
ACOPIOS ESCOBRERAS	C. HÍDRICA	Sólidos en suspensión / Composición química	2,3	3,1	
		C. PAISAJÍSTICA	Impacto visual / Deslizamientos	3,2	2,7
		FLORA Y FAUNA	Pérdida capa vegetal	2,6	2,4
	C. ATMOSFÉRICA	Partículas polvo. Gases de combustión	3,0	3,4	
CARGA / ENVÍO		Ruido	3,1	3,5	
	C. RESIDUOS	Aceites y grasas. Derrames	3,0	3,9	
	TRÁFICO	Densidad de tráfico de camiones	2,9	3,4	
	C. HÍDRICA	Agua con desengrasantes	2,5	3,3	
		Aguas sanitarias	2,1	4,0	
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MAQUINARIA. OFICINAS, LABORATORIOS, VESTUARIOS		Peligrosos: Trapos y papeles sucios, embalajes (cartón o plástico), disolventes, filtros de aceite, baterías, neumáticos y gomas, aceites usados y restos de gasoil, fluidos hidráulicos y lubricantes, material eléctrico (fluorescentes, etc.), residuos asimilables a urbanos, material de oficina, tóner, pilas, restos de reactivos	3,3	4,0	
	C. RESIDUOS				
		Inertes: elementos metálicos	2,7	4,0	
		C. ATMOSFÉRICA	Polvo	2,2	2,9
	C. PAISAJÍSTICA	Impacto visual / Deslizamientos	2,0	2,3	
TRATAMIENTO DE AGUA	FLORA Y FAUNA	Pérdida capa vegetal	1,7	2,4	
	C. HÍDRICA	Sólidos en suspensión / Composición química	1,7	2,8	
	C. RESIDUOS	Lodos inertes	1,6	2,5	
REHABILITACIÓN	C. HÍDRICA	Cursos y vertidos	2,3	2,7	
	INSTALACIONES	Demolición / Residuos	3,0	2,7	
SITUACIÓN GLOBAL			2,6	3,0	

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del trabajo de campo efectuado por el equipo de especialistas, con el análisis de los datos obtenidos y comparando con la información de la situación medioambiental de sector del año 2004, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

Evolución general: Las empresas del sector de los áridos han experimentado una evolución muy positiva y coherente, en sus actitudes y acciones medioambientales, desde el estudio realizado en 2004, al contrario de lo que sucede para el conjunto de la empresa española (Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno) que se ha estancado en este aspecto. En general, las empresas del sector de los áridos están realizando un esfuerzo visible por incorporar, plenamente, las consideraciones medioambientales en su actividad.

Actitud ante el medio ambiente: Las empresas actúan, en su mayoría (85%), de forma proactiva o líder ante los problemas medioambientales, a excepción de un más reducido número de empresas, en torno al 15 %, que lo hacen de forma reactiva o pasiva. Comparando estos datos con los obtenidos durante la campaña realizada en el año 2004, se observa un importante cambio en actitud de las empresas respecto del medio ambiente, pues en esta fecha únicamente el 14% se declaraban proactivas o líderes, lo que significa que se ha multiplicado por seis en cinco años. De ser la mayoría empresas reactivas o pasivas, en la actualidad, cuatro quintas partes de las empresas son proactivas o líderes en cuestiones medioambientales.

El Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno señala que únicamente tres sectores industriales – Químico, Refino, plásticos y energía y Fabricación de material de transporte – presentan unos índices de compromiso ambiental (Índice de Entorno Ambiental) superiores a los de la industria extractiva de minerales no metálicos, en la que se enmarca el sector de los áridos.

Sistemas de gestión: Del análisis de los sistemas voluntarios de gestión existentes en el sector destacan los relacionados con la calidad – ISO 9001 – y con el medio ambiente – ISO 14001, EMAS y gestión minera sostenible – que han sido implantados, en conjunto, por más de la mitad de las empresas de la muestra (58% y 51% respectivamente). Las empresas proactivas o líderes, se esfuerzan en mejorar sus procesos desde el punto de vista de control y prevención de las afecciones que se puedan producir.

Factores impulsores de las actuaciones y políticas medioambientales: La importancia concedida a los factores impulsores en el sector de los áridos es significativamente diferente a lo que sucede con el conjunto de las empresas de la economía nacional. Si hace cinco años, lo más importante era el cumplimiento de la legislación o evitar sanciones, ahora, en 2009, aún reconociendo la importancia de estas dos cuestiones, el compromiso surge del convencimiento en que las actividades han de llevarse a cabo de manera sostenible. Se detecta, por tanto, un giro muy acentuado. Si en 2004, la preocupación mayoritaria era “no perder negocio” (actitud defensiva ante el entorno), en la actualidad es “tender lazos con el entorno, colaborar” (actitud abierta y proactiva).

Factores limitantes de las actuaciones y políticas medioambientales: Los principales factores limitantes están relacionados con la necesidad de elevadas inversiones en recursos materiales y humanos y con la complejidad creciente de la legislación sobre la materia. Las dificultades técnicas y la falta de formación, así como la escasa valoración por parte de los consumidores tienen un peso importante para el conjunto de las empresas. A diferencia de lo que sucedía con los factores impulsores, sí que puede decirse que los factores limitantes son muy similares para las empresas de áridos respecto al conjunto de

empresas del país excepción hecha de las dificultades para adaptarse a la legislación que cobran un mayor protagonismo en este sector.

Beneficios competitivos relacionados con la aplicación de políticas medioambientales: El conjunto de las empresas del sector estima que son poco importantes. Destaca el hecho de que son las empresas reactivas y luego las proactivas las que mayor valoración dan a estos hipotéticos beneficios. Son, en cualquier caso, los beneficios intangibles (valoración, percepción, imagen, etc.) los más valorados por las empresas destacando, por encima de todos, la mejor percepción por la Administración y la mejor percepción por entorno. Estas conclusiones coinciden con las obtenidas en 2004, si bien se acentúa, como ya se ha manifestado con anterioridad, la importancia que se concede a la valoración que tenga el entorno local de la empresa.

Relaciones con los grupos de interés: La industria extractiva es, junto con el sector agrario la que concede un mayor relieve a las ONG y el cuarto sector en dar importancia a las comunidades locales. En general, otorga más importancia a todos los grupos de interés que el conjunto de sectores, exceptuando a las entidades financieras, por lo que puede decirse que es una de las industrias con mayor conciencia de la necesidad de relacionarse con su entorno.

Medidas preventivas y otras actuaciones medioambientales: Las tecnologías disponibles permiten, hoy en día, la implantación de medidas preventivas para controlar de forma satisfactoria las posibles afecciones de la actividad sobre el entorno, como son el polvo, el ruido, las vibraciones, los residuos industriales y los vertidos.

En la campaña 2009, todas las empresas (100 %) aplican medidas preventivas o correctoras. En grado decreciente, figuran la designación de un responsable medioambiental, la puesta en marcha de planes de minimización y de gestión de residuos industriales, la formación específica ambiental para el personal de dirección técnica y los planes de minimización y gestión de residuos mineros. También es interesante que dos tercios de las empresas confeccionen algún tipo de informe ambiental, de forma periódica. Asimismo, es destacable que cerca de un tercio de las empresas de la muestra utiliza tecnologías limpias y elabora memorias de sostenibilidad.

Comparando estos datos con los del año 2004, se destaca una mayor apuesta por la formación y la materialización de medidas concretas.

Se observa que las principales actuaciones de las empresas líderes y proactivas son de carácter preventivo (formación, dirección medioambiental, etc.), mientras que en el resto de empresas, las pasivas o reactivas, la tendencia es inversa, ya que se valoran más las actuaciones correctoras.

Respecto al conjunto de empresas de todos los sectores económicos², el perfil es similar, pero las empresas del sector realizan, en general, muchas más actuaciones. Por ejemplo, el 36% de las empresas españolas aplica medidas correctoras o el 30% elabora informes o memorias medioambientales, mientras que en el sector de los áridos, estos valores ascienden al 90% y al 42% respectivamente.

En resumen, el promedio de actuaciones realizadas permite observar nítidamente una diferencia de actitud frente al medio ambiente, entre las empresas, que se traduce en la cantidad e intensidad de sus actuaciones, que van desde el 14% para las pasivas, al 67% para las líderes, pasando por el 45% de las reactivas y el 59% de las proactivas.

² Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno

En términos generales, en las graveras, la intensidad y la cantidad de las actuaciones medioambientales es superior (64%) a las canteras (58%).

Procedimientos medioambientales: En 2009, han experimentado un espectacular crecimiento los procedimientos relacionados con los ecosistemas y paisajes, rehabilitación de los terrenos (91%), reducción del impacto visual (79%), paisaje (59%) y biodiversidad (48%), porque se considera el tema con mayor globalidad. Ahora, no basta con proteger el paisaje, sino también la biodiversidad. El control de las emisiones de polvo y gases mantienen porcentajes muy elevados, equivalentes a 2004. Sin embargo, desde 2004 han aumentado considerablemente los procedimientos para el control del ruido y las vibraciones.

Inversiones medioambientales: Cerca del 80% de las empresas declara haber realizado inversiones en algún concepto medioambiental, en el año 2008 o tiene previstas realizarlas en años sucesivos. En ese periodo, el 100% de las empresas líderes o proactivas ha realizado alguna inversión en ese ámbito.

Las principales áreas de inversión en materia de medio ambiente, a lo largo del año 2008, han sido la reducción de las emisiones de polvo, la gestión de residuos industriales, la recuperación paisajística, los sistemas de gestión medioambiental, la integración paisajística y la rehabilitación de terrenos.

Según el Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno, la industria extractiva está por encima del promedio de todos los sectores en porcentaje de empresas que han incurrido en gastos ambientales: en eficiencia energética y en formación, se encuentra en el primer puesto, en solitario, mientras que en protección al medio ambiente, comparte el primer puesto con la industria química.

Evaluación de la situación medioambiental de las empresas: Las empresas del sector de los áridos desarrollan una actividad extractiva, que está regulada por la legislación minera y condicionada, entre otras, por la legislación medioambiental. La producción de áridos origina afecciones al medio ambiente que no son, en general, relevantes cuando se gestionan adecuadamente, de acuerdo con lo observado en el trabajo de campo que ha servido de base para este informe.

Comparando con el conjunto de empresas de todos los sectores económicos³, las empresas de áridos conceden más importancia a la mayoría de aspectos medioambientales, excepción hecha de los residuos, que en el caso de esta actividad extractiva, al ser mayoritariamente inertes, causa una menor preocupación. Las empresas del sector conceden una importancia a los problemas medioambientales de 3,1 (media), frente al 2,5 que presenta el Informe de la Fundación Entorno, para el conjunto de las empresas o al 2,2 que ese mismo informe muestra para el conjunto de la actividad extractiva.

El promedio general de los impactos que se producirían en ausencia de las medidas preventivas existentes es moderado (entre 2,6 y 2,9 sobre 5), pero se ha observado que, claramente, la eficacia de estas medidas es superior (entre 3,0 y 3,6). En conjunto, el equipo de especialistas estima que la afección medioambiental en las explotaciones de áridos es equilibrada y está bajo control (0,6).

³ Informe sobre la gestión de la sostenibilidad en la empresa española 2009, de la Fundación Entorno

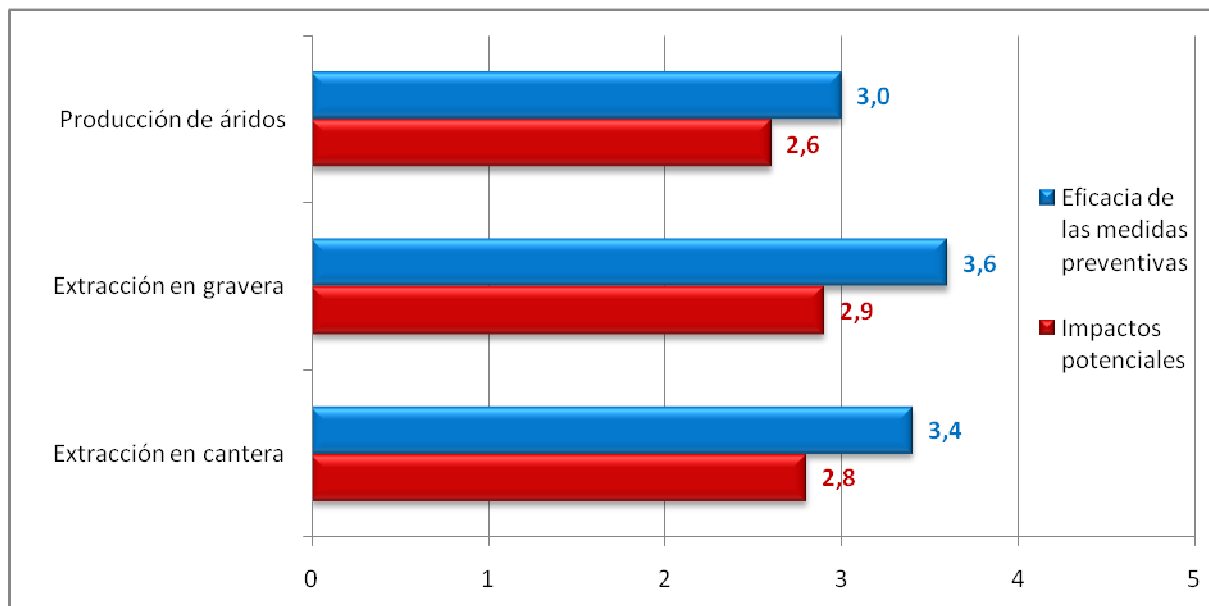


Ilustración 5: Resumen de la situación medioambiental de las explotaciones

Se comprueba que no se trata de un proceso con problemas medioambientales excesivamente importantes sobre el entorno, salvo el producido por la alteración de la configuración de los terrenos y por el impacto visual, que, gracias a las labores de rehabilitación convenientemente planificadas y efectuadas, tienen efectos transitorios.

Como cuestiones que, en el sector de los áridos, no tienen prácticamente ninguna relevancia desde el punto de vista medioambiental, figuran la posibilidad de desastres por vertidos, y la generación de grandes volúmenes de residuos industriales. La producción de áridos no genera apenas residuos mineros que queden sin gestionar, puesto que los materiales inertes no aptos para la venta se emplean íntegramente dentro del proceso, como relleno en la restauración de los terrenos. La problemática por drenajes de mina ácidos no afecta a esta actividad.

Otros aspectos relevantes identificados: A pesar de contar con reservas mineras considerables y repartidas por todo el territorio nacional, gracias a la riqueza geológica de España, los problemas existentes, en la actualidad, relacionados con la obtención de los preceptivos permisos y licencias y con la no-consideración de la actividad minera, en la Ordenación del Territorio, está llevando a una drástica reducción de las reservas explotables.

Sin olvidar la problemática relacionada con explotaciones no autorizadas y con las extracciones que, en ocasiones, se encubren en proyectos de obra civil, donde se sobrepasan los límites de las trazas de las obras de forma injustificada. Este tipo de prácticas, que incumplen sistemáticamente la legislación vigente, es especialmente nocivo para el medio ambiente, pues se realizan sin ningún control, y dañan la imagen y la economía del sector puesto que no restauran los terrenos y se inscriben, por lo general, dentro del ámbito de la economía sumergida.

El alejamiento de las explotaciones de los centros de consumo tiene un coste medioambiental importante debido a los efectos del transporte de grandes volúmenes de material en grandes distancias, sin olvidar que la ubicación de las explotaciones está vinculada, indisolublemente, a la situación de los yacimientos, ni pasar por alto las repercusiones económicas sobre los mercados.

De seguir esta problemática, es posible que la supervivencia de numerosas empresas, incluso la de las más comprometidas medioambientalmente, se vea amenazada en un futuro próximo por no poder acceder a los recursos naturales mineros. Sin contar con los problemas que se pueden producir de desabastecimiento de los mercados, a medio plazo.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA (2010). Informe de Diagnósis Ambiental en PYMEs del Sector de los Áridos.

www.aridos.org

www.medioambienteyaridos.org

RELACIONES CON EL ENTORNO SOCIAL EN EXPLOTACIONES MINERAS

César Luaces Frades⁽¹⁾

(1) Director General – Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA; Director General – Federación de Áridos – FdA; Secretario Técnico - Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales – COMINROC

Travesía de Téllez nº 4, Entreplanta Izquierda. Madrid. España Email: cluacesfrades@aridos.org

RESUMEN

La promoción y desarrollo de unas buenas relaciones con el entorno, a día de hoy es una asignatura pendiente para muchas de las empresas del sector minero. Es necesario superar estas dificultades de comunicación, ya que las administraciones a nivel nacional e internacional están promoviendo el intercambio de opiniones entre empresas y grupos de interés como mecanismo para la resolución de conflictos.

Esta dificultad en el establecimiento de un diálogo fluido suele ser debido a: intereses contrapuestos (al menos en apariencia), desconocimiento mutuo, inseguridad jurídica, opacidad de la información, diferencia de lenguajes de comunicación, falta de interlocutores, carencia de mensajes a transmitir, etc.

Con objeto de poder ayudar a las empresas a mejorar sus pautas de actuación en cuanto al establecimiento de canales de comunicación fluidos, creíbles y estables con su entorno social, se ha desarrollado la Guía para las relaciones con el entorno social, diseñada para proporcionar argumentos, mensajes, canales, propuestas, pautas de actuación, herramientas y recursos de comunicación sencillos que estén al alcance de cualquier tipo de empresa, independientemente de cuál sea su estructura organizativa. Actuar adecuadamente en este ámbito es independiente de la dimensión y de los recursos de la empresa, siendo la voluntad de lograr el reconocimiento local y la sensibilidad hacia las posibles preocupaciones del entorno de las explotaciones, los factores determinantes.

ABSTRACT

Promotion and development of good relationship with the social environment is, nowadays an unresolved matter for many companies of Aggregates industry. It is imperative to overcome this communications handicaps, cause national and international administrations are promoting the opinions exchange among companies and interested groups as a tool of solving conflicts.

Difficulties to get an ongoing dialogue is generally due to: opposed interests; mutual ignorance, juridical uncertainty, Information opacity, difference of language, lack of speakers, lack of messages to transmit, etcetera.

The "Guide for social environment relations" has been developed to assist the companies to improve their acting lines to set smooth, reliable, and steady communication channels with the community.

This guide provides simple arguments, messages, channels, proposals, acting lines, tools and communication resources, within the reach of any company, regardless its structure. Appropriate acting on this field must not be bonded to size or means of the company, being the most important elements the receptivity to possible concerns of exploitations surroundings areas and the willing of reaching local recognition of the company.

INTRODUCCIÓN

La mejora de las relaciones con el entorno social es todavía una cuestión difícil de abordar para la mayoría de las empresas del sector de los áridos. Romper estas barreras de comunicación es algo más que una necesidad pues, hoy en día, muchas de las políticas de la Unión Europea promueven el intercambio de opiniones entre empresas y grupos de interés como mecanismo para la resolución de conflictos.

La dificultad radica en el establecimiento de un diálogo fluido, debido a una conjunción de circunstancias que se suelen producir en muchos de los casos que se conocen. Pueden resumirse en los siguientes: intereses contrapuestos (al menos en apariencia), desconocimiento mutuo, inseguridad jurídica, opacidad de la información, diferencia de lenguajes de comunicación, falta de interlocutores, carencia de mensajes a transmitir, etc.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de las relaciones con el entorno social es un asunto difícil de abordar para la mayoría de las empresas del sector de los áridos por alguna de las siguientes cuestiones:

Intereses opuestos, al menos en apariencia, entre las empresas y la sociedad.

Desconocimiento casi absoluto de cómo funciona una explotación de áridos, por parte de su entorno social.

Desconocimiento aún mayor de las medidas que se establecen habitualmente para proteger el medio ambiente. No se sabe que normalmente se trata de un sector muy profesional.

Falta de información sobre la importancia que los productos procedentes de la industria de los áridos tienen en nuestra sociedad.

Prejuicios sobre el comportamiento de las industrias extractivas.

Ausencia casi total de información de las empresas sobre sus objetivos y su implicación con la sociedad.

Interés casi nulo, hasta hace unos pocos años, por dar a conocer a la sociedad las actividades industriales desarrolladas.

Ausencia de personas que actuaran como interlocutores entre las empresas y la sociedad.

Las consecuencias de estas actitudes, coloquialmente expresadas con las palabras inglesas "Not in my backyard", con el acrónimo NIMBY, (el término SPAN, versión castellanizada de las siglas inglesas y que significan Sí, Pero Aquí No), son obvias:

Aumento de las dificultades y de los plazos para conseguir las licencias municipales.

Presión social contra las explotaciones.

Posible escasez en el abastecimiento de áridos en algunas Comunidades Autónomas.

Por lo tanto, es evidente decir que la población del entorno inmediato necesita ser educada sobre la realidad de la actividad.

Como dato de referencia, en el caso de la Asociación Francesa de Productores de Áridos - UNPG, mediante una encuesta realizada a los asistentes a sus iniciativas de puertas abiertas, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El 98% de los visitantes se mostró satisfecho o muy satisfecho.

El 86% de los visitantes mejoró su opinión sobre la explotación, gracias a la visita.

Otra encuesta realizada por la UNPG, sobre una muestra de más de 1.800 personas residentes en áreas próximas a explotaciones de áridos, mostró las siguientes conclusiones:

Aunque, desde el sector se piensa que la industria extractiva tiene una mala imagen, el 75% de los entrevistados mostró tener una buena opinión sobre las explotaciones de áridos.

El 38% no conoce las aplicaciones de los materiales extraídos.

2 de cada 3 personas no sabe cómo funciona una explotación minera.

La mayoría de los entrevistados no considera que la explotación le cause molestias.

La gente entiende o imagina que la explotación contribuye a la economía local.

Existen algunas dudas respecto a los riesgos para los habitantes más próximos, para los trabajadores de la explotación y para el medio ambiente.

La explotación y el tratamiento de áridos en canteras y graveras son actividades no contaminantes dado que los materiales que se procesan son inertes y se adopta un gran número de medidas para prevenir o controlar los efectos de la actividad sobre el medio ambiente. Sin embargo, la industria tiene mala imagen, fundamentalmente, debido a la necesidad, como toda actividad extractiva, de modificar el terreno original y, en especial, por los impactos paisajísticos que ocasiona, aunque la mayoría de ellos sean temporales. En cada caso concreto puede haber problemas específicos sobre los que se centre el debate en torno a las explotaciones.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La situación actual está caracterizada por un rechazo social de los habitantes de áreas cercanas a explotaciones de áridos al considerar que pueden verse afectados por problemas medioambientales y porque estiman que empeora su calidad de vida.

Por otra parte, las leyes son cada vez más estrictas, lo que reduce el acceso a los recursos con la consiguiente dificultad para planificar a medio y a largo plazo.

Ante esta realidad caben dos posturas:

No cambiar nada (Modelo Reactivo).

Adaptarse a las nuevas circunstancias (Modelo Proactivo).

El Modelo Reactivo se basa en la alternativa de “no cambiar nada”, esperando que sean los otros quienes modifiquen sus opiniones sobre la explotación o reclamar que las leyes existentes se cambien por otras que sean más benévolas. Se trata de una opción basada en el conflicto y en las reivindicaciones que puede esquematizarse de la manera siguiente:

Dejar libertad a que cada empresa decida sus compromisos con la sociedad.

Ante conflictos legales, recurrir a recursos ante administraciones y tribunales de justicia.

No reconocer nunca que las cosas se pueden realizar de otro modo.

Pensar que son los demás los que están equivocados.

Ampararse en una actitud victimista.

Este modelo no busca el cambio. Sólo aplaza las soluciones a los conflictos. Es un modelo que no convencerá a nadie; más bien, al contrario, provocará más recelos y desconfianzas por parte de la comunidad.

El Modelo Proactivo es la opción que está siendo elegida en la mayor parte de los sectores industriales y comerciales. Se trata de responder a unas preguntas:

¿Qué espera de nosotros la sociedad?

¿Qué estamos ofreciendo?

¿Cómo podemos mejorar?

En las fases de elaboración del proyecto, cabe estudiar algunos aspectos de su impacto en los ámbitos político, social y local, que son normalmente poco tenidos en cuenta, tales como:

El ámbito político del término municipal donde se establecerá la explotación, así como la existencia de posibles opositores o de aliados naturales.

Los posibles problemas administrativos que se prevean.

La opinión de la población, por ejemplo, a través de encuestas.

La imagen pública de la empresa y su capacidad de comunicación.

La necesidad de establecer compromisos para crear una buena disposición hacia la empresa.

En definitiva, el modelo proactivo supone:

Hacer lo correcto para la empresa y para la sociedad.

Conocer qué pide la sociedad.

Saber cuáles son las preocupaciones de la sociedad respecto de las actividades extractivas de áridos.

Ser transparentes en las decisiones y actuaciones que se tomen.

Aceptar y participar en el derecho de la sociedad por conocer cómo se trabaja.

Aumentar el nivel de responsabilidad de las empresas con la sociedad.

Establecer mejoras cualitativas y cuantitativas en la protección medioambiental.

Dar a conocer a la sociedad las decisiones tomadas para una mejora medioambiental.

Hacer el esfuerzo para ganar un mayor respeto y credibilidad por parte de la sociedad.

Ayudarse entre empresas para fortalecer las mejoras al colectivo. Sentirse parte de un equipo.

Proporcionar criterios a las empresas para una consecución de los objetivos requeridos por la sociedad.

Dado que la sociedad está cada vez más sensibilizada con el medio ambiente, es muy importante que todas las empresas del sector respondan de manera coordinada. El hecho de que una sola incumpla los objetivos servirá para descalificar a todas las demás.

El sector de los áridos arrastra, como la mayor parte de la industria, un legado que en pocos casos aparece alineado con las tesis del desarrollo sostenible, pues tanto la legislación medioambiental como este concepto son relativamente recientes. Hace treinta o cuarenta años, el paradigma legal era otro y las empresas actuaban dentro de la legalidad existente en esos momentos. Casi nunca se valoraba la protección por el medio ambiente o la herencia que iban a recibir las generaciones futuras, como consecuencia de las actividades llevadas a cabo.

Por todo esto, y a escala mundial, en cualquier país, abundan los ejemplos de industrias cuya manera de funcionar en el pasado sería impensable en el momento presente.

En la actualidad, la opinión pública es muy determinante y se manifiesta de forma casi instantánea a través de los medios de comunicación (periódicos, Internet, blogs, redes sociales). Además, la concienciación por la conservación y respeto al medio ambiente ha crecido exponencialmente hasta el punto de ser un valor más. La prueba irrefutable es que cualquier partido político, independientemente de su ideología, incluye en sus programas propuestas medioambientales.

En consecuencia, la sociedad se halla en un punto de alta concienciación (social, medioambiental), una movilización media (grupos ecologistas, grupos conservacionistas, etc.) y un cierto resentimiento hacia ejemplos que valora como poco positivos. El reto, por tanto, está en cambiar esas opiniones que se apoyan en casos pasados (métodos industriales utilizados hasta la década de los ochenta del siglo XX) pero que influyen y condicionan la visión de la realidad actual, la distorsionan y la entorpecen

Además, la sociedad no distingue entre los diferentes tipos de minería, por lo que muchos tienen ideas erróneas como:

“Las canteras de áridos producen sustancias peligrosas”, herencia del accidente de la balsa de minerales metálicos de Aznalcollar, que no tiene ninguna relación con este sector.

Los residuos de la producción de áridos son inertes e inocuos para el medio ambiente

“Las canteras son lugares poco seguros”, debido a los accidentes de minería de interior, que son portada de los telediaros.

La realidad es que los índices de accidentes del sector de los áridos son más bajos que los de muchas industrias más cotidianas, como la construcción.

“Los trabajadores de la minería son muy conflictivos socialmente”, a causa de las imágenes de incidentes en las huelgas de la minería del carbón.

No se recuerdan incidentes causados por trabajadores de canteras o graveras.

Estas ideas erróneas, se extienden y generalizan y terminan afectando negativamente a la imagen de un sector que es cada día más profesional y eficiente.

Otro problema añadido son los ilegales, y determinados contratistas de construcción que extraen sin permiso ni autorización de la autoridad minera y que no cumplen con la mayoría de normativas de la industria extractiva. Son una lacra para las empresas del sector y un enemigo de su imagen, pues además de la competencia desleal que realizan, dejan sin

restaurar los huecos donde extraen y, por ende, contribuyen a generar una negativa opinión pública.

Para conseguir cambiar y mejorar este tipo de ideas preconcebidas, es fundamental identificar a los “Grupos de Interés” (“stakeholders”, en inglés) que tienen algún tipo de conexión con la actividad extractiva. Son los interlocutores a los que dirigir los mensajes serán todos aquellos agentes (personas, colectivos, entidades) que tengan una relación o intereses (directos o indirectos) con la empresa (o el sector).

La selección de los interlocutores adecuados es una decisión estratégica que puede influir en la consecución o no de los objetivos y metas predefinidos.

No es acertado dirigir un mensaje al “público, a la sociedad”, en términos generales. Es indispensable segmentarla (clasificarla atendiendo a sus características de trabajo, vinculación con la empresa, edad, nivel de estudios, etc.).

Por tanto, cuando se diseña una campaña de comunicación deberán considerarse interlocutores muy variados. La *National Stone, Sand & Gravel Association* (NSSGA) clasifica a los interlocutores atendiendo, inicialmente, a dos criterios:

CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS (INTERLOCUTORES) ATENDIENDO A SU VINCULACIÓN CON LA EMPRESA	
INTERLOCUTORES involucrados con la ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empleados ▪ Contratistas ▪ Clientes ▪ Distribuidores ▪ Vecinos ▪ Ecologistas ▪ Medios de comunicación ▪ Administraciones locales, comunitarias o estatales ▪ Accionistas ▪ Servicios de emergencias ▪ Organizaciones civiles y sanitarias
INTERLOCUTORES dependiendo de los OBJETIVOS Y METAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Profesionales de la comunicación ▪ Educadores ▪ Médicos ▪ Grupos religiosos ▪ Organizaciones humanitarias ▪ Conservacionistas

La solución a esta situación es conseguir una empresa comprometida con el medio, es decir, la actuación de la empresa debe desarrollarse de forma objetiva y creíble, para lo que debe realizar un profundo examen de su realidad.

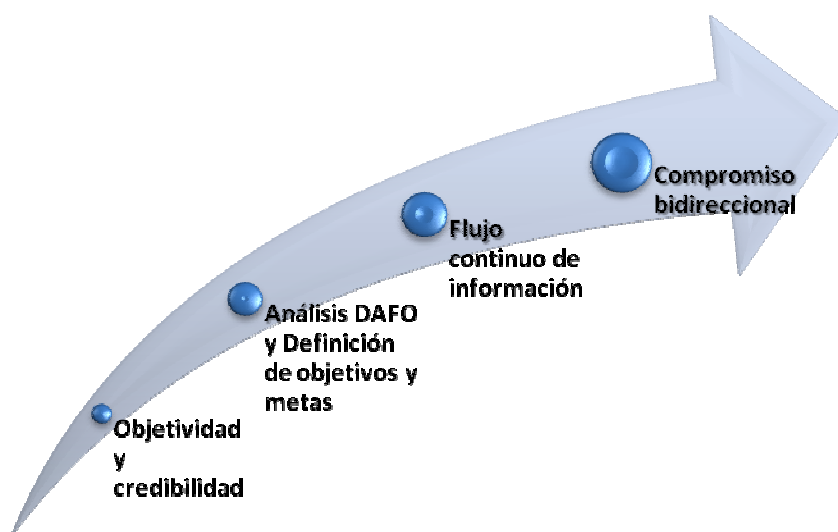


Ilustración 6: Esquema de actuación de una empresa comprometida con el medio

Las empresas, independientemente de su dimensión y recursos, pueden realizar numerosas actuaciones positivas, a las que muchas veces no se les da la importancia que requiere, y que permitirán una aproximación proactiva a su entorno.

Es importante saber cuáles son los puntos fuertes de las empresas del sector de los áridos en el momento actual, como herramienta para planificar adecuadamente una campaña de comunicación o de relaciones con la sociedad.

Los puntos fuertes son, según los mayores expertos en imagen corporativa, aquéllos que deben servir para construir una imagen positiva de la empresa, a la vez que transmiten una serie de sentimientos o impresiones que son recibidos por los grupos de interés local de manera muy receptiva:

PUNTOS FUERTES DE UNA EMPRESA		IMAGEN POSITIVA DE UNA EMPRESA
Importante programa de I+D	Se corresponden con	"Invierte en protección medioambiental"
Buena imagen entre los interlocutores locales		"Tiene una maquinaria nueva"
Alta demanda de productos		"Utiliza procedimientos que emiten menos polvo"
		"Se compromete con la sociedad"
		"Genera puestos de trabajo en el pueblo"

Ilustración 7: Puntos fuertes de una empresa para reforzar su imagen

En lo concerniente al sector de los áridos, son numerosas las actividades que deben generar una imagen positiva en la sociedad pero que aún no han sido lo suficientemente comunicadas. Se pueden clasificar en 4 grupos:

Prevención de riesgos laborales y recursos humanos.

Acciones emprendidas para la protección del medio ambiente, especialmente restauración y biodiversidad.

Gestión eficaz de las materias primas y de la energía.

Defensa del producto.

Todos estos aspectos se integran en el marco de la estrategia sectorial del desarrollo sostenible.

Ante la innegable necesidad de abastecimiento de áridos que demanda la sociedad, se observa, en ocasiones, una resistencia de los residentes locales a admitir las explotaciones de áridos (graveras o canteras) en sus términos municipales. Son reacios a aceptar las operaciones de las explotaciones ya existentes o la apertura de otras nuevas. Consecuencia de este estado de opinión es que los ayuntamientos no otorgan en numerosos casos las licencias de apertura. Reconocen la importancia de la explotación, la necesidad que ellos mismos, como corporación municipal, van a tener de los productos finales, pero se justifican esgrimiendo que preferirían que se abriera la cantera en otro lugar.

Ante tales circunstancias, se hace necesario establecer mecanismos de diálogo fluido y frecuente con las autoridades locales y con aquellos interlocutores (o grupos de interés locales) a través de su participación activa en proyectos que redunden en beneficio de su comunidad.

Por otra parte, existen otros agentes que pueden apoyar de manera decisiva la puesta en marcha de estos proyectos alternativos (visitas, excursiones, talleres), así como la información racional y veraz de las actividades de las empresas y de su compromiso con el desarrollo sostenible.

Cabe mencionar a:

Trabajadores de las empresas del sector.

Clientes directos.

Clientes indirectos.

Una vez que se tienen identificados las partes interesadas y analizado cuáles son las fortalezas y debilidades de la empresa, se establecerán medidas que mejoren la imagen de la empresa, tales como:

Establecimiento de un plan de acción para la mejora

Implicación activa de los trabajadores y otros apoyos

Formación de los trabajadores

Participación activa en campañas sectoriales

Apoyo a las iniciativas locales

Contribución a la colectividad

Patrocinios

Es fundamental el establecimiento de canales permanentes de comunicación con los grupos de interés, a través de reuniones de seguimiento de actividades, jornadas de puertas abiertas, establecimiento de un sistema de recepción de quejas y sugerencias.

De la misma manera, la publicidad de los logros de la empresa a través de anuncios, canales informativos, reuniones de seguimiento, etc. potenciará el conocimiento del sector al resto de la sociedad. Siendo fundamental saber cuál es el mensaje que se quiere transmitir, cuidar la elaboración de los mismos adaptándolo al público concreto, elegir el medio adecuado para su difusión así como llevar un seguimiento de la efectividad del mismo.

A la hora de enfrentarse a un conflicto es muy importante que la empresa se ponga en el lugar del afectado, para ello es fundamental saber escuchar, recabar información sobre los hechos relevantes, atender y resolver las quejas y promover la mediación de terceros. Aunque lo más importante es fomentar la prevención de los mismos a través de reuniones y consultas que se traduzcan en un acuerdo que se cumpla por ambas partes.

También es importante de cara a prevenir potenciales problemas una correcta atención a los medios de comunicación, preparándose previamente la intervención y tratando de ser conciso y claro en el mensaje, analizando siempre cuales son las circunstancias y los riesgos.

CONCLUSIONES

Es necesario ayudar a las empresas a mejorar sus pautas de actuación en cuanto al establecimiento de canales de comunicación fluidos, creíbles y estables con su entorno social, es necesario proporcionarles argumentos, mensajes, canales, propuestas, pautas de actuación, herramientas y recursos de comunicación sencillos que estén al alcance de cualquier tipo de empresa, independientemente de cuál sea su estructura organizativa. Actuar adecuadamente en este ámbito es independiente de la dimensión y de los recursos de la empresa, siendo la voluntad de lograr el reconocimiento local y la sensibilidad hacia las posibles preocupaciones del entorno de las explotaciones, los factores determinantes.

Acciones como la explicación de cómo debe organizarse una visita a una explotación, en función del tipo de visitante -niños, adultos, autoridades, etc.-, cómo puede explicarse el proceso fácilmente en una visita, cuáles son las aplicaciones de los áridos, por qué son necesarias las explotaciones, cómo se cuida el medio ambiente, qué medidas se adoptan para proteger a los trabajadores, por qué es importante la calidad de los productos, cómo se restaurará, en qué se beneficia la comunidad local, cuántas administraciones controlan la actividad, etc., ayudarán a cambiar la imagen del sector minero que tiene la sociedad actualmente.

Es fundamental desarrollar vías que hagan más palpables los beneficios de toda índole que se derivan de la actividad de la explotación para el entorno más directo de la misma, pues, en muchas ocasiones, las empresas contribuyen por muy numerosas vías y, sin embargo, no ponen en valor convenientemente estas aportaciones ante sus propios vecinos.

Por este motivo, ANEFA-Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos de ANEFA, ha elaborado la "Guía para las Relaciones con el Entorno Social", como elemento de apoyo para la mejora de comunicación en las empresas del sector.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA (2010). Guía para las relaciones con el entorno social.

www.anefa.org

www.medioambienteyaridos.org

ÁRIDOS PARA BALASTO Y SUBBALASTO

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n ° 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail:cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

Dentro de los áridos, el balasto constituye un producto necesario e insustituible, tanto para la construcción de las nuevas Líneas de Alta Velocidad que se están llevando acabo en la actualidad, como para las labores de mantenimiento de la red ferroviaria de interés general.

El balasto debe de cumplir con una serie de características específicas para obtener el distintivo de Calidad ADIF para suministrar dicho material a la red ferroviaria.

ABSTRACT

Ballasts an important sort of aggregates, is a vital and necessary product, to the new high-speed train railways under construction nowadays, and also for general railways ordinary maintenance works.

To be used on railways, ballast must fulfil some specific characteristics to obtain the quality mark from ADIF (the Administrator of Railway Infrastructures, a state-owned company that answers to the Ministerio de Fomento)

Palabras clave : Balasto, subbalasto

INTRODUCCIÓN

Tanto la fabricación como el transporte y el acopio de balasto tienen que cumplir con una serie de características y se deberá poseer del distintivo de Calidad ADIF para el suministro del mismo, además de disponer del correspondiente Certificado de Control de Producción CE, conforme a lo establecido en el Anejo ZA de la UNE- EN 13450:2003.

El Distintivo de Calidad otorgado por ADIF a una cantera, engloba tanto la calidad geotécnica de la masa canterable, la planta de fabricación y los frentes de explotación, de manera que se garantice que el balasto producido se comporta adecuadamente en vía. Este Distintivo tiene una vigencia de cinco años, actualizable, posteriormente, con carácter quinquenal.

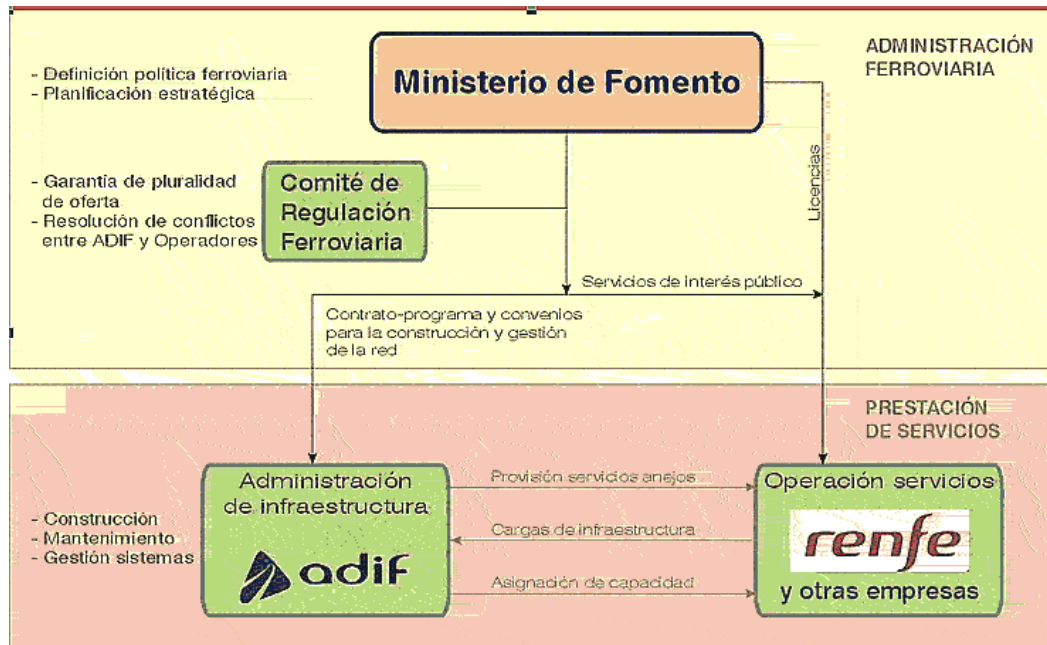
El conjunto de canteras con el Distintivo de Calidad forman una red en la que se distribuyen de forma que puedan atender a las necesidades de balasto en todas las líneas ferroviarias de la Red Ferroviaria de Interés General.

Los tipos de rocas aptas para elaborar balasto son rocas silíceas de grano fino y tendencia a fábricas granulares, con alta resistencia a la compresión y desgastes bajos.

ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Principales agentes del sector ferroviario

En España los principales agente del sector ferroviario son:



Tipos de líneas

Alta velocidad:

Las líneas especialmente construidas para la alta velocidad, equipadas para velocidades mayor o igual a 250 km/h.

Las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad equipadas para velocidades de aproximadamente 200 km/h.

Ancho de vía: UIC (1.435 mm.)

Líneas convencionales:

Las que no reúnen las características propias de las líneas ferroviarias de alta velocidad.

Cercanías

El Balasto

El Balasto es una roca triturada, sin ligantes, que conforma la capa de asiento de las traviesas en las vías ferroviarias.

Las funciones que tiene son diversas, entre las que se pueden destacar:

Estructurales

Amortiguar y repartir uniformemente los esfuerzos que ejercen los trenes sobre la vía (lecho elástico)

Mantener la vía en posición

Resistir el desgaste y la degradación causadas por las cargas intermitentes.

Respecto al agua

Favorecer el drenaje

Proteger frente a las heladas

Permitir la evaporación

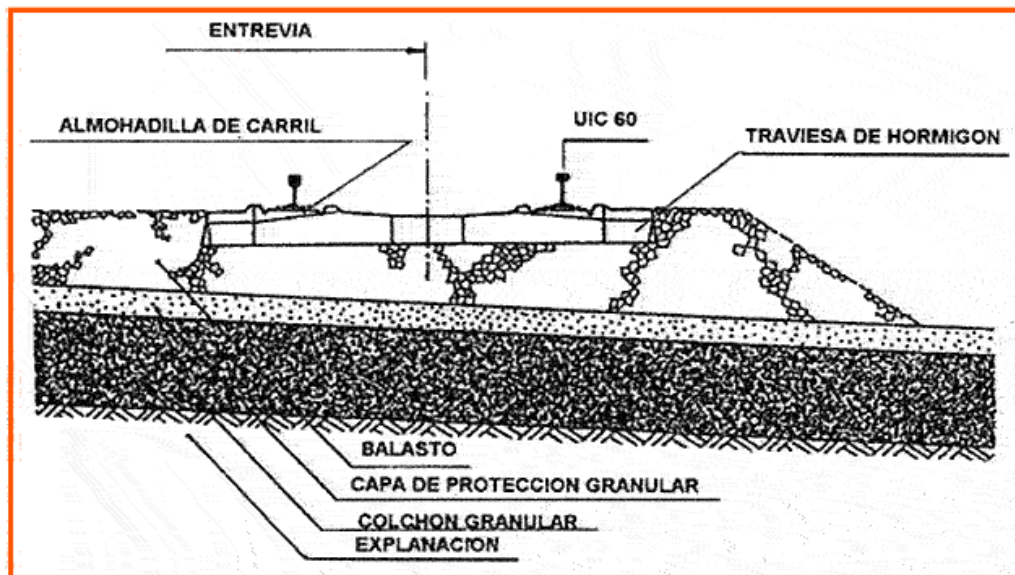
Aislar eléctricamente la vía

Además se puede clasificar el balasto de la siguiente manera:

Ancho de vía (mm)	Velocidad máxima de la línea (km/h)	Tipo de línea	Tipo de balasto
≥ 1435	≥ 200	AVE, A-o-B	TIPO-1
≥ 1435	< 200	AVE, A-o-B	TIPO-2
≥ 1435	-----	C-(*)	TIPO-3
< 1435	-----	-----	

NOTA: (*) son líneas secundarias y de poco tráfico, que generalmente no superan las 8 circulaciones/día

Estructura de una vía



Red española de ferrocarriles. Situación actual

Tras la puesta en servicio en 2010 de los 438 kilómetros del recorrido entre Madrid, Albacete y Valencia, España se ha situado, después de China, como el segundo país del mundo y el primero de Europa en número de kilómetros de alta velocidad en explotación, por delante incluso de países de gran tradición en este modo de transporte como son Japón y Francia.

En el plano tecnológico, España es precursora en el sector de I+D+i ferroviario, mediante la innovación en infraestructura, señalización, electrificación y material rodante.

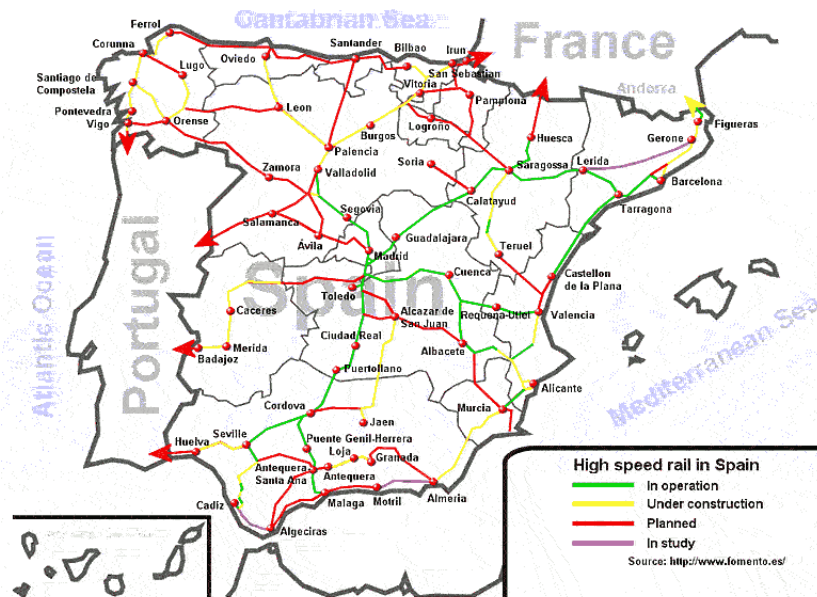
2.665 km en servicio

17 provincias y 24 ciudades españolas conectadas directamente a la red española de alta velocidad

Líderes en integración de tecnología e interoperabilidad ferroviaria.

En 2020, al concluir el periodo de vigencia del PEIT (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte):

Se avanza en el objetivo de que el 90% de la población española se sitúe a menos de 50 kilómetros de una estación de alta velocidad en el año 2025.



NOTA: RED DE ALTA VELOCIDAD ACTUALMENTE EN SERVICIO, EN CONSTRUCCIÓN O EN ESTUDIO (ENERO 2011)

Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT)

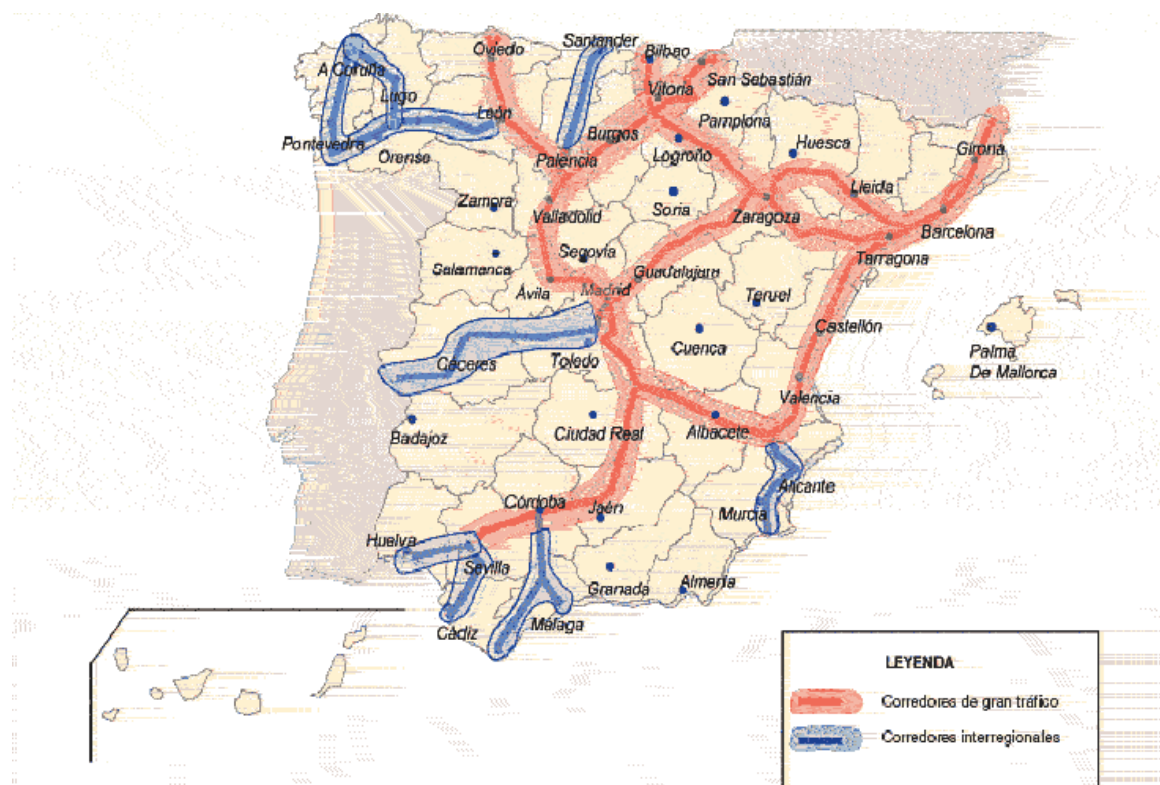
Inversión total prevista: 248.892 millones de euros



Estimación económica de las actuaciones del PEIT, 2005-2020

ACTUACIONES	IMPORTE (Millones de Euros)	% DEL TOTAL
Transporte por ferrocarril, excepto actuaciones urbanas	108.760	43,70
Altas prestaciones	83.450	33,53
Mantenimiento y mejora de red convencional	18.000	7,23
Supresión y mejora de pasos a nivel	3.560	1,43
Material móvil	3.750	1,51
Transporte por carretera, excepto actuaciones urbanas	62.785	25,23
Vías de gran capacidad	32.105	12,90
Acondicionamiento y mejora	7.500	3,01
Conservación y explotación	22.580	9,07
Servicios de transporte por carretera	600	0,24
Transporte aéreo	15.700	6,31
Área de movimiento de aeronaves	2.150	0,86
Área de terminales	5.760	2,31
Seguridad y Navegación Aérea	3.224	1,30
Intermodalidad, Medio Ambiente y otros	3.387	1,36
Mantenimiento y conservación	1.179	0,47
Transporte marítimo y puertos	23.460	9,43
Infraestructura e instalaciones portuarias	22.480	9,03
Salvamento, seguridad y medio ambiente marino	980	0,39
Transporte intermodal de mercancías y viajeros (1)	3.620	1,45
Apoyo a red de nodos y plataformas intermodales	1.200	0,48
Accesos terrestres a puertos	1.220	0,49
Programa fomento de intermodalidad de mercancías	400	0,16
Programa fomento de intermodalidad de viajeros	800	0,32
Transporte urbano y metropolitano	32.527	13,07
Actuaciones en carreteras	4.077	1,64
Integración urbana del ferrocarril	2.400	0,96
Cercanías ferroviarias, incluso material móvil	10.050	4,04
Apoyo al transporte público e intercambiadores (2)	16.000	6,43
Investigación, desarrollo e innovación	2.040	0,82
Programa de I+D+i en el transporte	1.610	0,65
Acciones piloto de innovación en el transporte	230	0,09
Programa de fomento de la innovación en el transporte	200	0,08
TOTAL ACTUACIONES PREVISTAS PEIT	248.892	100,00

Principales corredores de mercancías por ferrocarril



Programas de actuación 2004-2012

Programas de inversión en infraestructura e instalaciones:

Corredores de altas prestaciones

Interoperabilidad de la red convencional

Seguridad y mantenimiento de la red

Integración ambiental del ferrocarril.

Canteras con distintivo de calidad ADIF

Actualmente existen unas reservas seguras de balasto de 311.466.875 m³, es decir para 26 años al ritmo de consumo del año 2006.

Existen 44 explotaciones que tienen el distintivo de calidad ADIF:

40 del tipo 1 (90,91%)

4 del tipo 2 (9,09%)



El distintivo de calidad ADIF se basa en:

Caracterización de la explotación

Y los tipos de rocas que existen son:

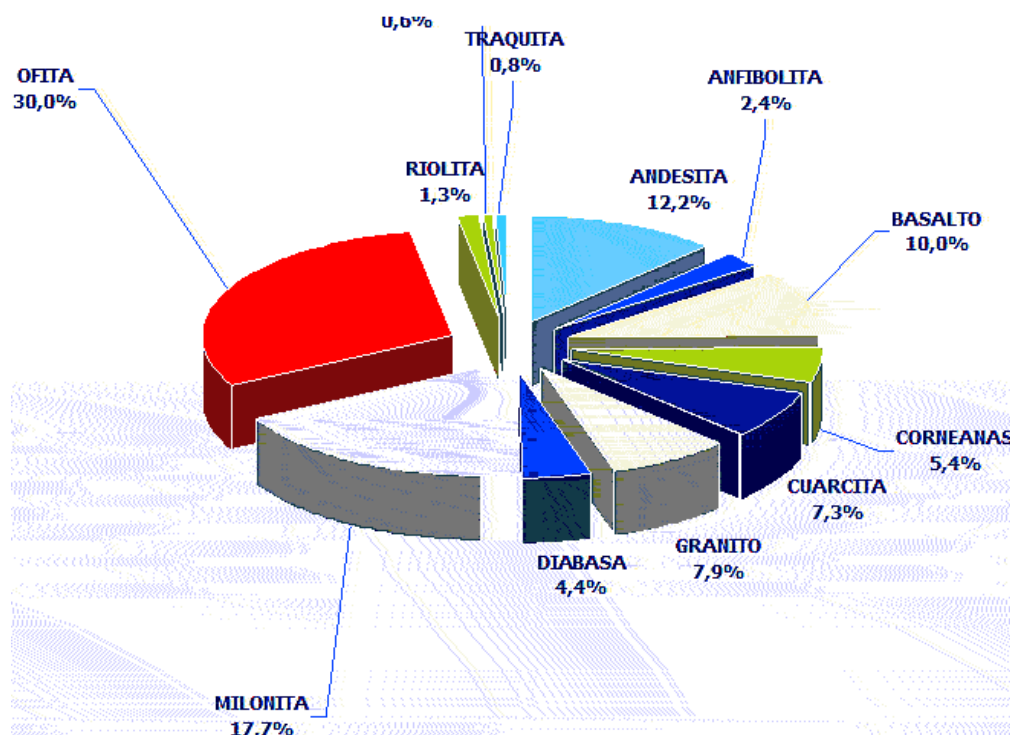
13	30,96
6	14,29
6	14,29
3	7,14
3	7,14

QUITO-ECUADOR. 9 y 10 DE AGOSTO DE 2011.

Las reservas por tipos de rocas:

α	Metros cubicosα	%α
ANDESITAα	38.000.000α	12,20α
ANFIBOLITAα	7.582.750α	2,43α
BASALTOα	31.294.600α	10,05α
CORNEANASα	16.946.890α	5,442α
CUARCITAα	22.700.000α	7,29α
GRANITOα	24.618.345α	7,90α
DIABASAα	13.641.290α	4,38α
MILONITAα	55.000.000α	17,66α
OFITAα	93.333.000α	29,97α
RIOLITAα	4.100.000α	1,32α
SERPENTINAα	1.850.000α	0,59α
TRAQUITAα	2.400.000α	0,72α
TOTALα	311.466.875α	100α

Y la distribución de las reservas por tipo de roca es:



CALIDAD EN LOS ÁRIDOS PARA BALASTO

Los áridos para balasto en materia de calidad tienen una serie de obligaciones que cumplir:

Marcado CE

Norma UNE EN 13450 "Áridos para balasto": actualmente en fase de revisión

Armonizada para todos los países de la Unión Europea

Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios PF-6 (2006)

PF-7 Subbalasto

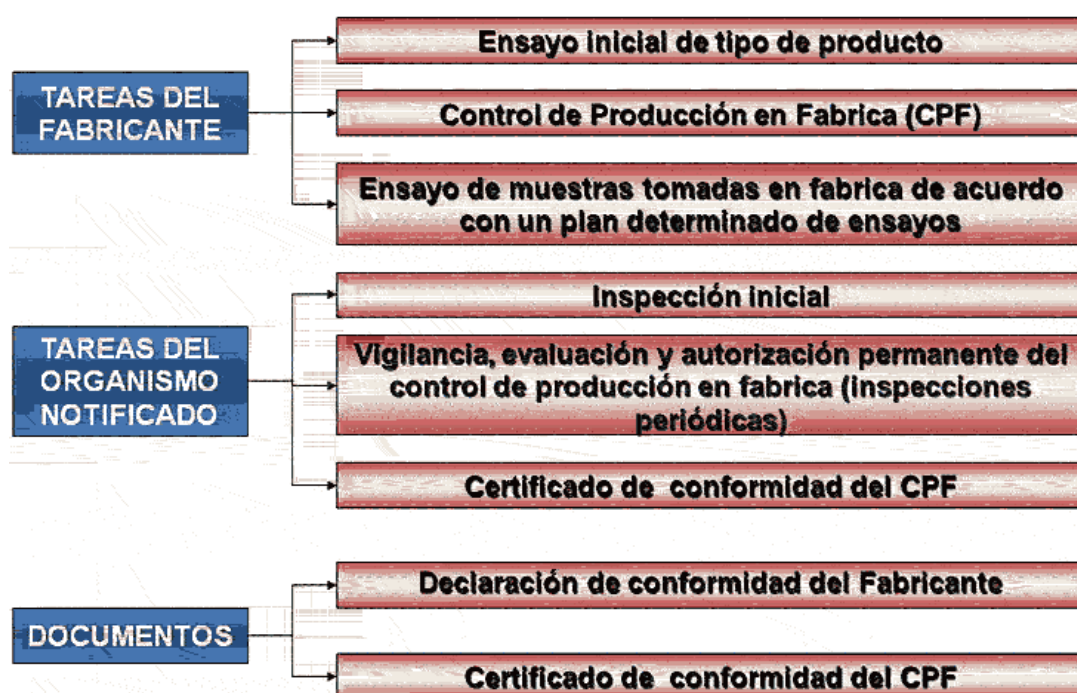
Sistema de control de producción

Ensayo

Registros

Procedimientos

El sistema de control empleado es el 2+ que implica:



El Mercado CE de los áridos es un requisito imprescindible para poder vender un producto. Indica la conformidad del producto con los requisitos esenciales de la DPC y con las especificaciones técnicas. Además, es responsabilidad del fabricante.

El Mercado CE no indica si el producto es de mayor o menor calidad, sino que asegura que el producto es conforme con las características declaradas por fabricante.

PF-6 BALASTO

El PF-6 fue aprobado como Orden Ministerial 1269/2006, de 17 de abril (BOE del 1 de mayo de 2006).

Está compuesto por varios apartados:

Objeto

Definir las características y el control del balasto

Definir los requisitos geométricos y físicos a exigir dentro de los opcionales de la UNE EN 13450 y el tipo de ensayo

Para cada requisito los valores o categorías asociadas a cada aplicación ferroviaria

El balasto ha de tener marcado CE:

Certificado de control de producción emitido por organismo notificado

Declaración de conformidad del fabricante

Características del balasto

Material procedente de machaqueo de cantera o de reutilización:

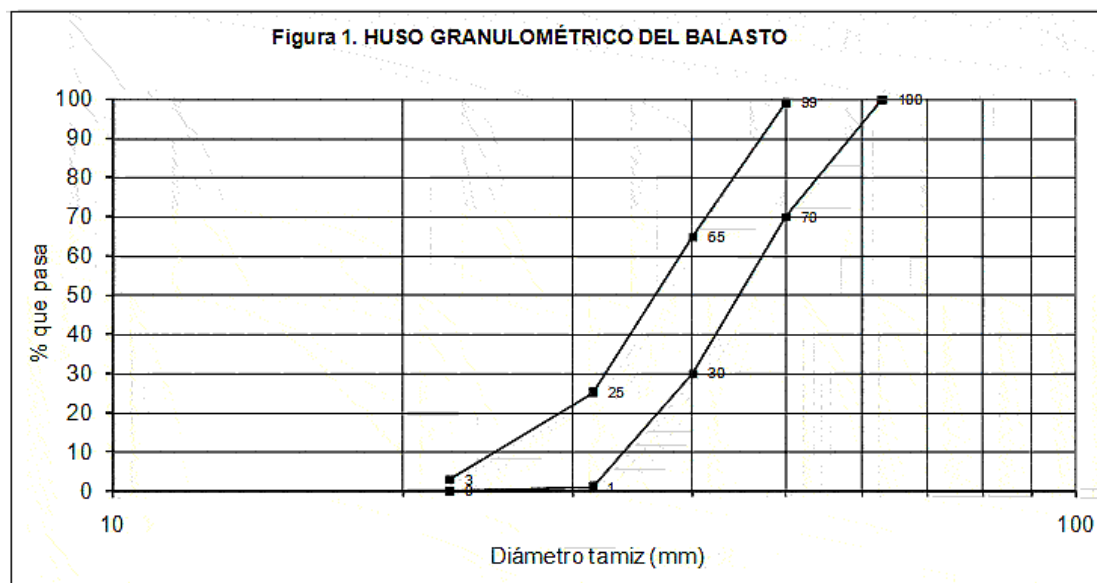
100% de partículas retenida por tamiz 22,4 mm. Totalmente trituradas.

Rocas silíceas y preferentemente ígneas o metamórficas.

No se admiten rocas sedimentarias: calizas ni dolomías.

No se admiten fragmentos de madera, materia orgánica, rocas alterables, etc.

Exento de liberación de sustancias peligrosas (100% de cumplimiento)



La fracción entre 31,5 mm y 50 mm $\geq 50\%$

Partículas finas en vía seca:

Cantera: porcentaje que pasa el tamiz de 0,5 mm $\leq 0,6\%$

Acopio intermedio: porcentaje que pasa el tamiz de 0,5 mm $\leq 1\%$

Finos en vía húmeda

Se realiza cuando:

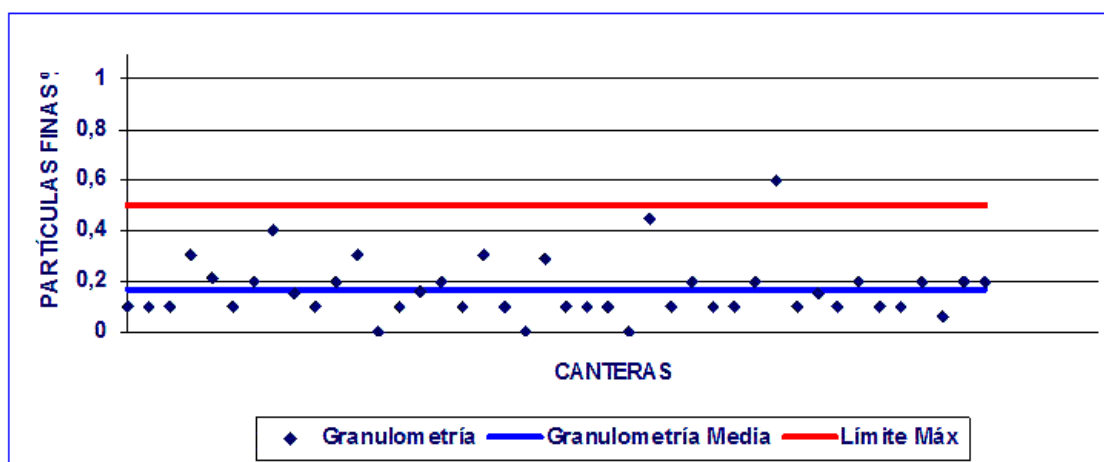
Se observe contaminación por finos

Lo juzgue necesario el Director de Obra

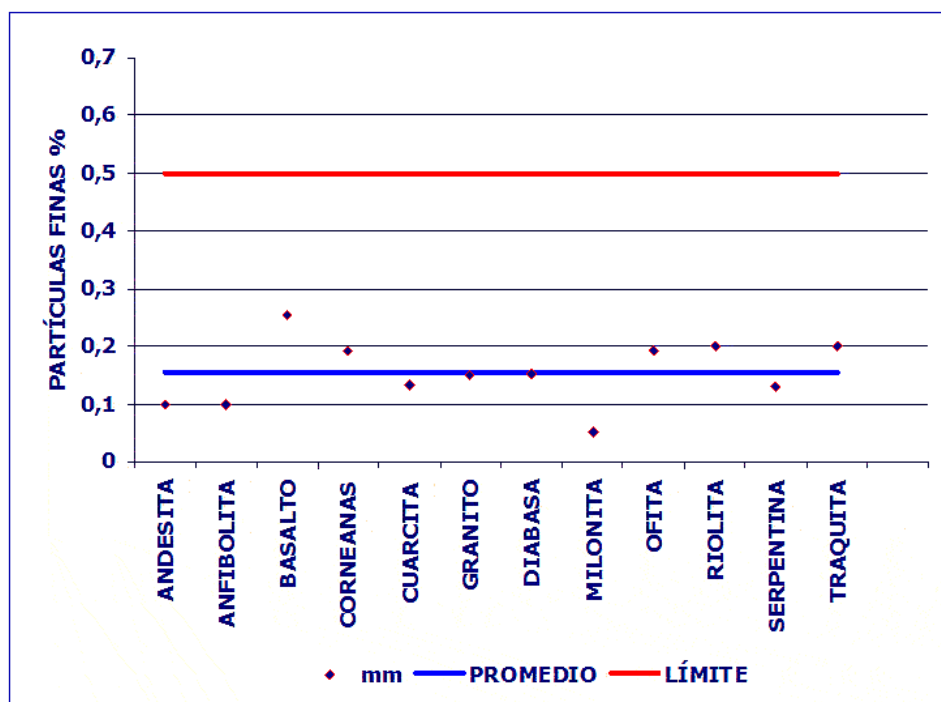
El ensayo en vía seca sea $> 0,6 \%$.

Cantera: Porcentaje que pasa el tamiz de $0,063 \text{ mm} \leq 0,5 \%$

Acopio intermedio: Porcentaje que pasa el tamiz de $0,063 \text{ mm} \leq 0,7 \%$

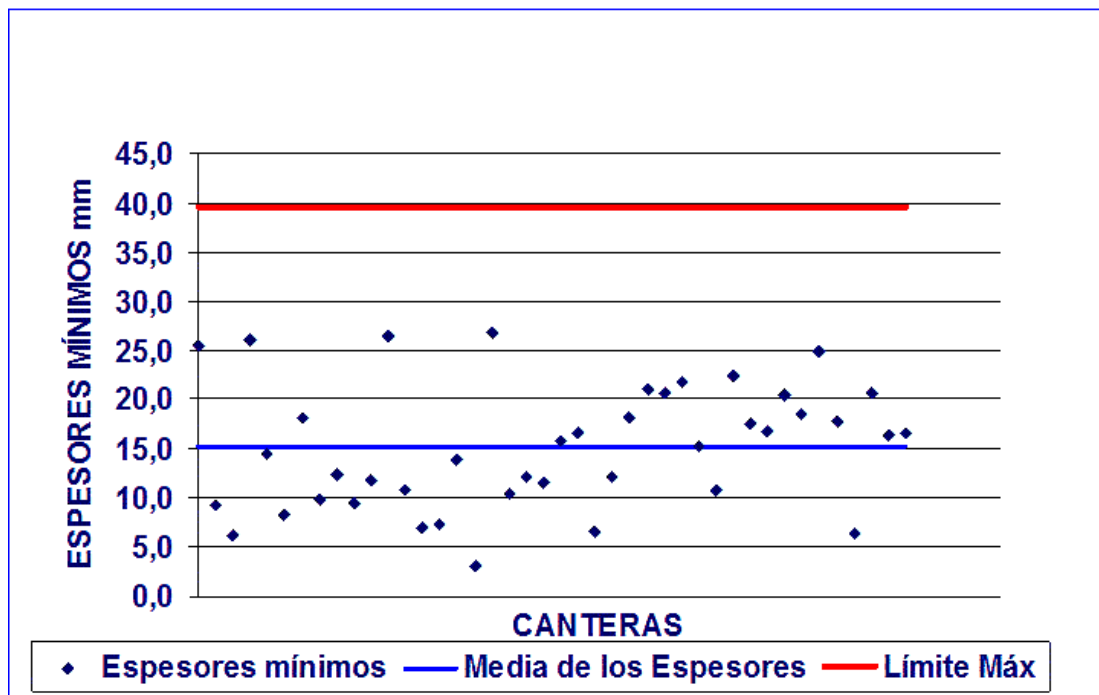


Tamaño máximo de partículas finas % mayor de $0,5 \text{ mm}$. Canteras

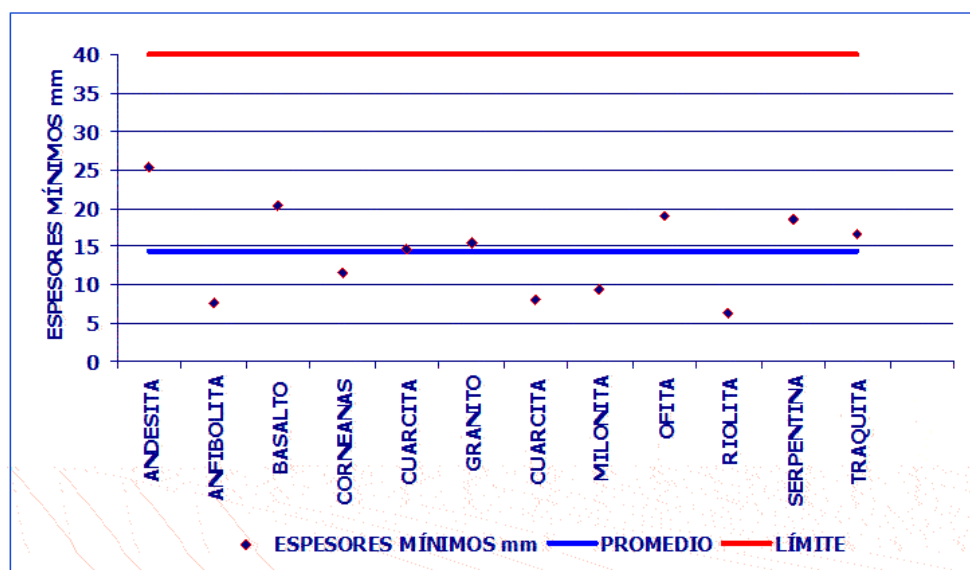


Tamaño máximo de partículas finas % menor de 0,5 mm. Tipos de roca

Peores características: Basalto, traquita y riolita.

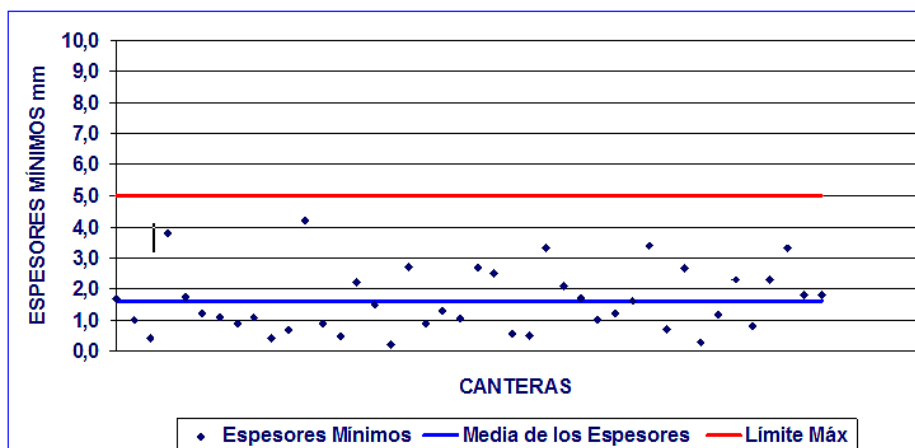


Espesores mínimos de elementos 16-25 mm. Canteras

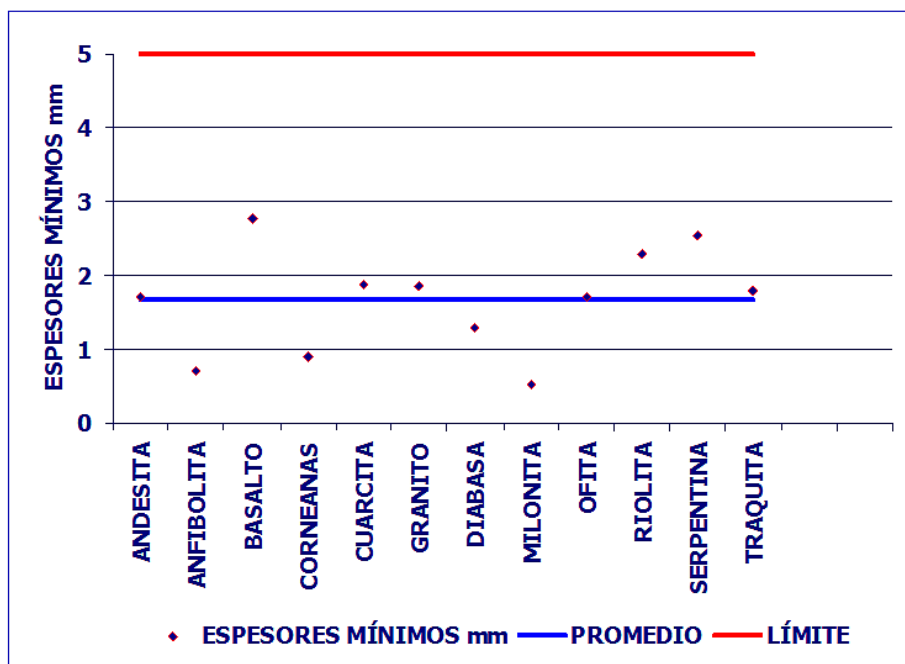


Espesores mínimos de elementos 16-25 mm. Tipos de roca

Espesores mínimos de elementos 16-25 mm. Tipos de roca



Espesores mínimos de elementos inferiores a 16 mm. Canteras



Espesores mínimos de elementos inferiores a 16 mm. Tipos de roca

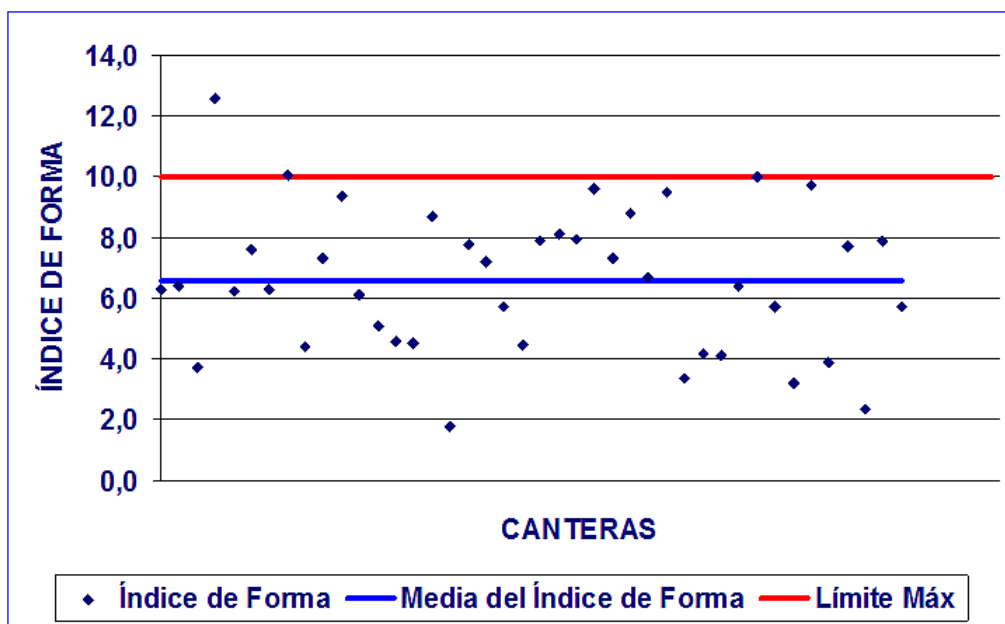
Coeficiente de forma:

Sólo para lo retenido por el tamiz de 22, 4 mm

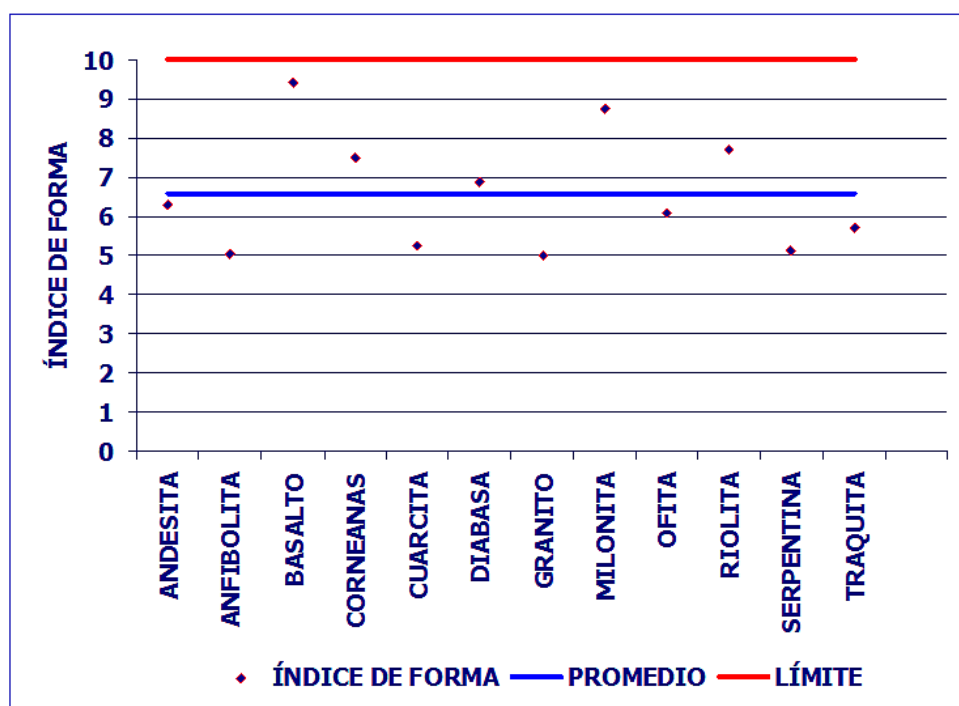
Con peine móvil

Elementos no cúbicos ($L/E > 3$) $\leq 10 \%$

Índice de forma.



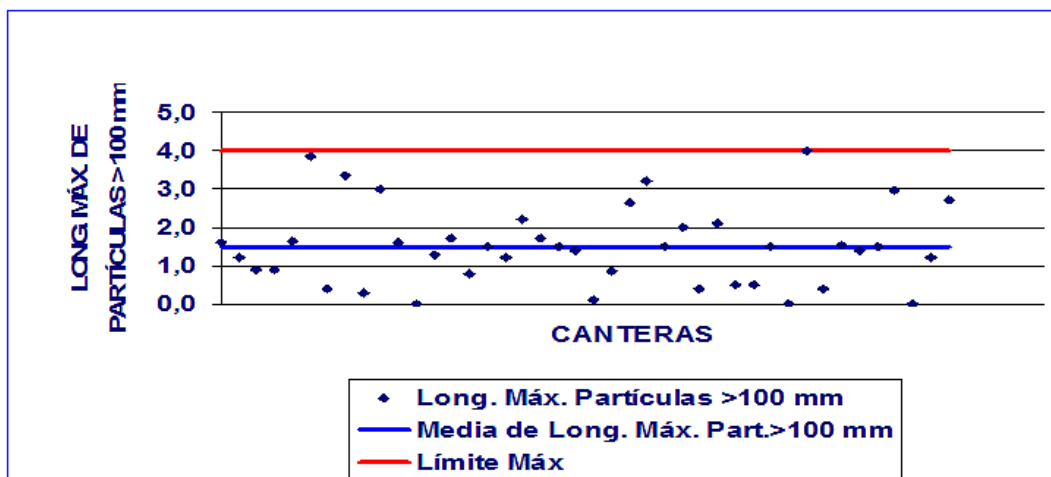
Canteras



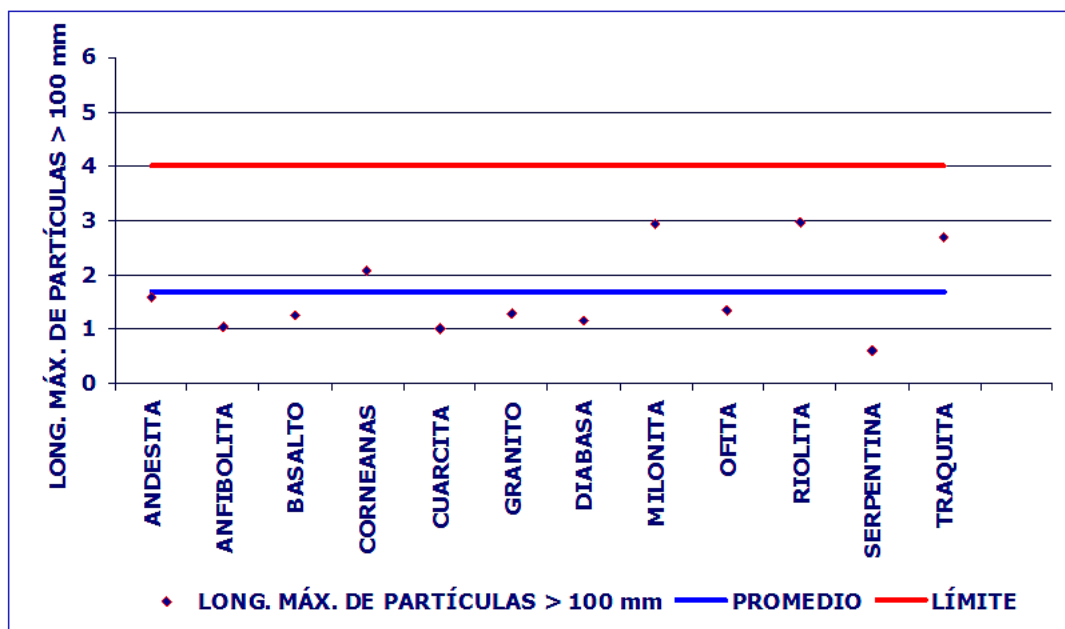
Tipos de roca

Peores características: Basalto, Milonita y Riolita

Longitud de piedras: piedras de longitud máxima superior a 100 mm. $\leq 4\%$



Longitud máx. de las partículas >100 mm. Canteras

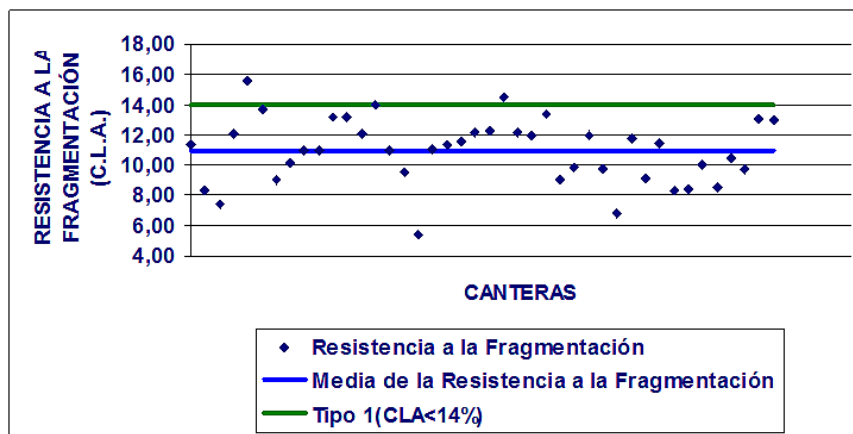


Longitud máxima de las partículas >100 mm. Tipos de roca

Peores características: Milonita, Riolita, Traquita

Resistencia a la fragmentación

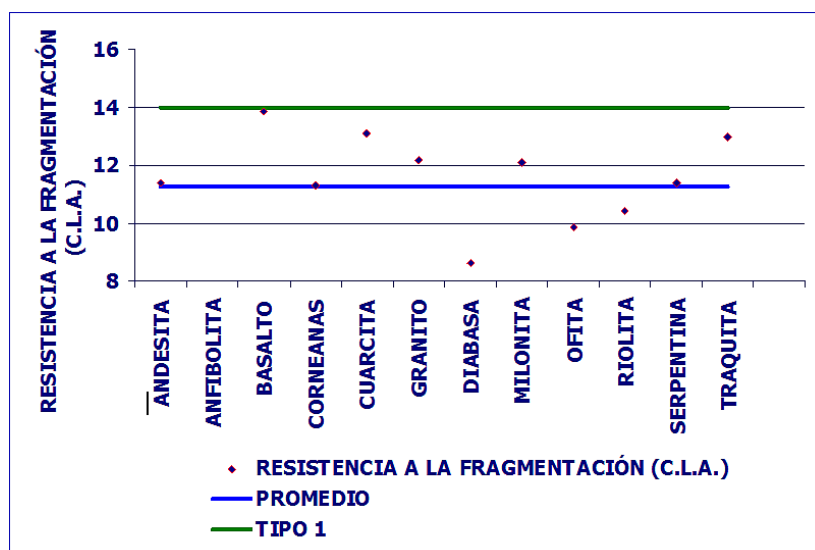
Canteras:



Ancho de vía (mm)	Velocidad máxima de la línea (km/h)	Tipo de línea	CLA	Tipo de balasto	Categorías de la Norma UNE-EN 13450:2003
≥ 1435	≥ 200	AVE, A o B	≤ 14 % (**)	TIPO 1	LA _{RB} 14
≥ 1435	< 200	AVE, A o B	≤ 16 %	TIPO 2	LA _{RB} 16
≥ 1435	----	C (*)	≤ 20 %	TIPO 3	LA _{RB} 20
< 1435	----	----			

(*) Son líneas secundarias y de poco tráfico, que generalmente no superan las 8 circulaciones/día
(**)Para usos especiales se podrá exigir ≤ 12 %

Tipos de rocas



Peores características: Basalto, Cuarcita, Traquita

Resistencia a la meteorización por acción de la helada

Cuando haya registros que avalen el buen comportamiento del árido en condiciones climatológicas similares no se harán más comprobaciones, si no:

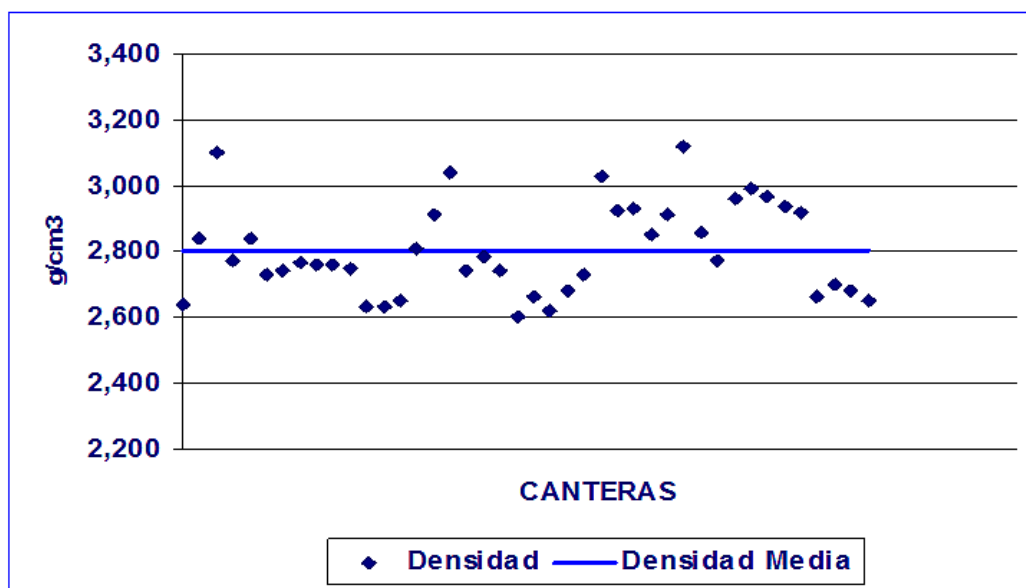
Análisis petrográfico

Ensayo de densidad y absorción de agua

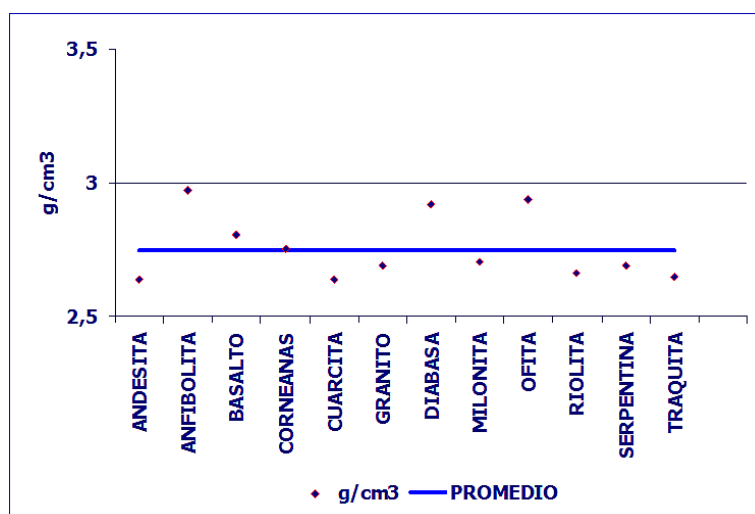
Resistencia a la acción del sulfato magnésico

Densidad

Canteras

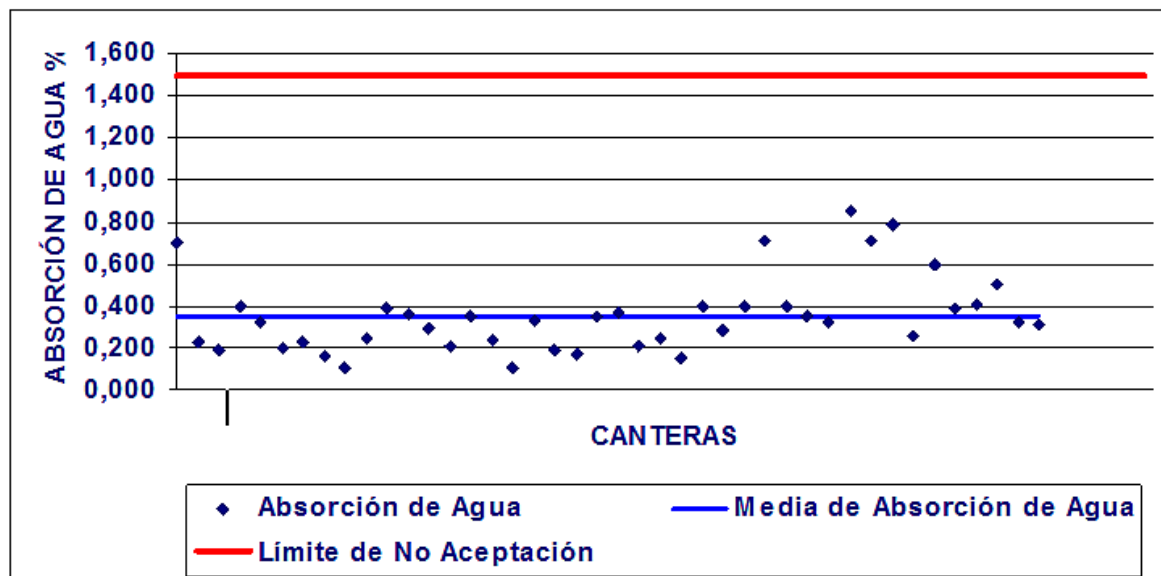


Tipo de rocas



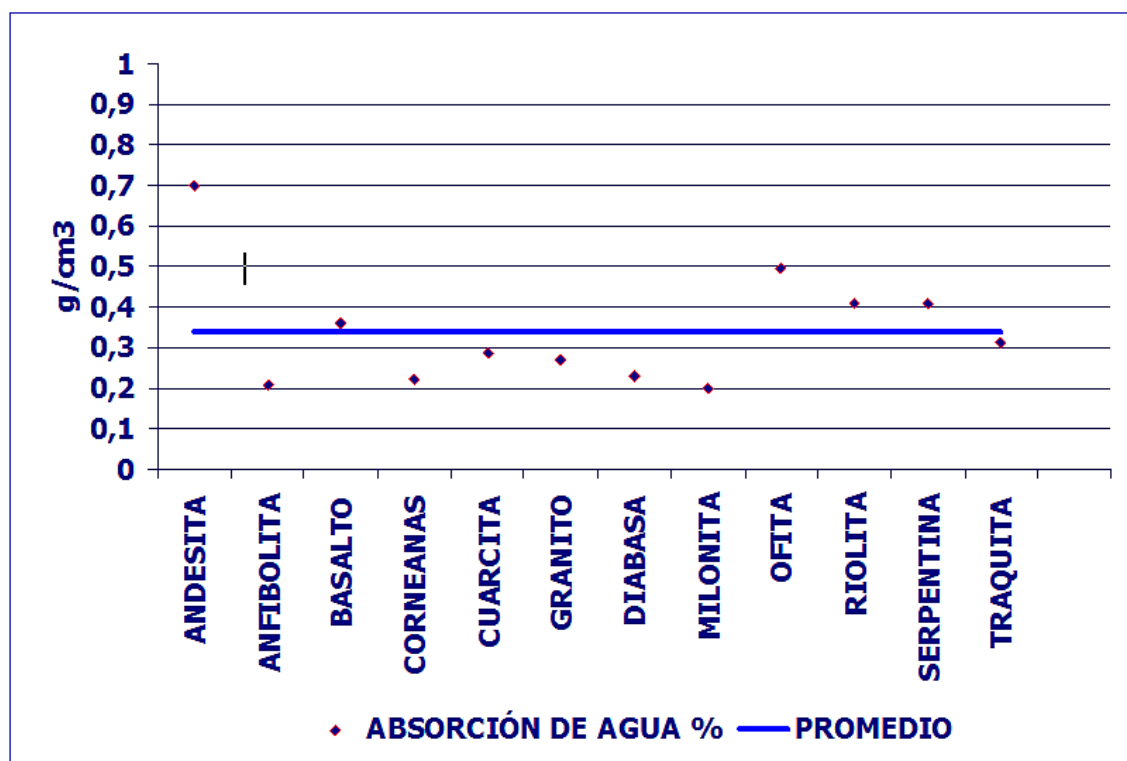
Absorción de agua

Canteras



Sulfato de magnesio: 100% por debajo de 05 %

Tipos de roca



Peores características: Andesita, Ofita, Serpentinita y Riolita

Resistencia a la alteración Sonnenbrand

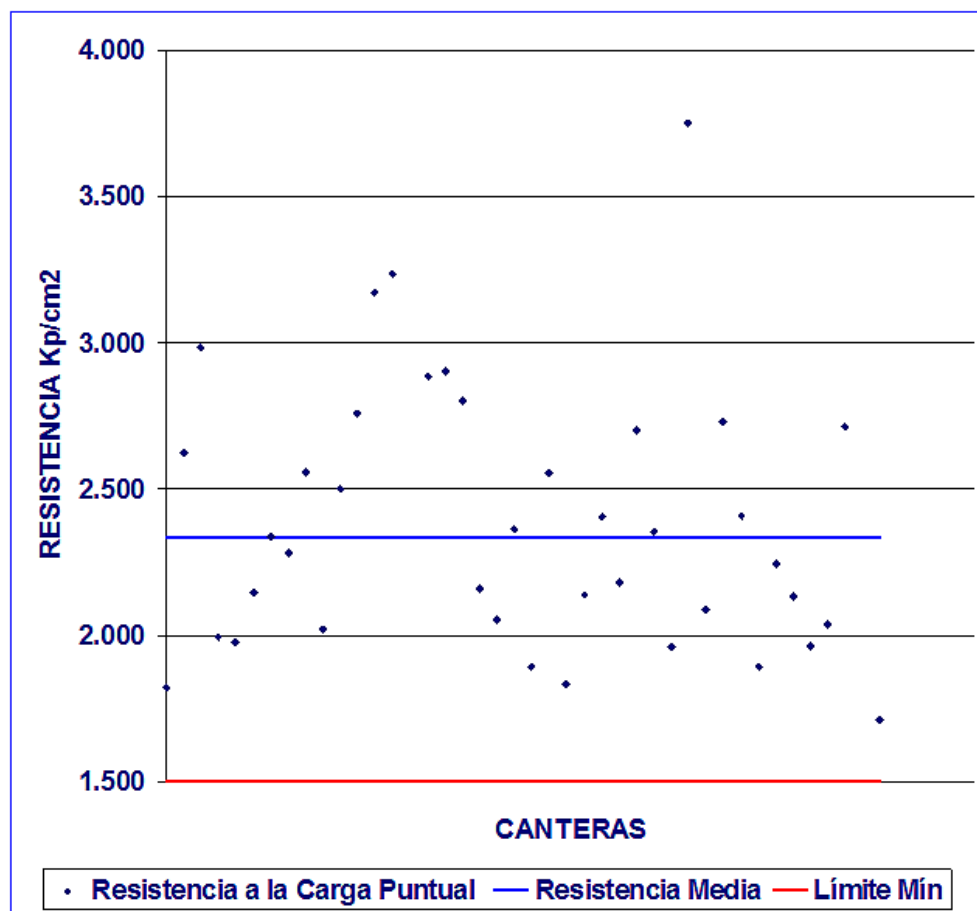
Se produce en basaltos y rocas con sulfatos metálicos. Aparecen puntos grises y blancos seguidos por microfacturas.

Se realiza el ensayo de ebullición Sonnenbrand.

Después de éste la diferencia de desgaste de LA será $\leq 5\%$

Resistencia a la carga puntual Franklin

Canteras:



Tipo de roca

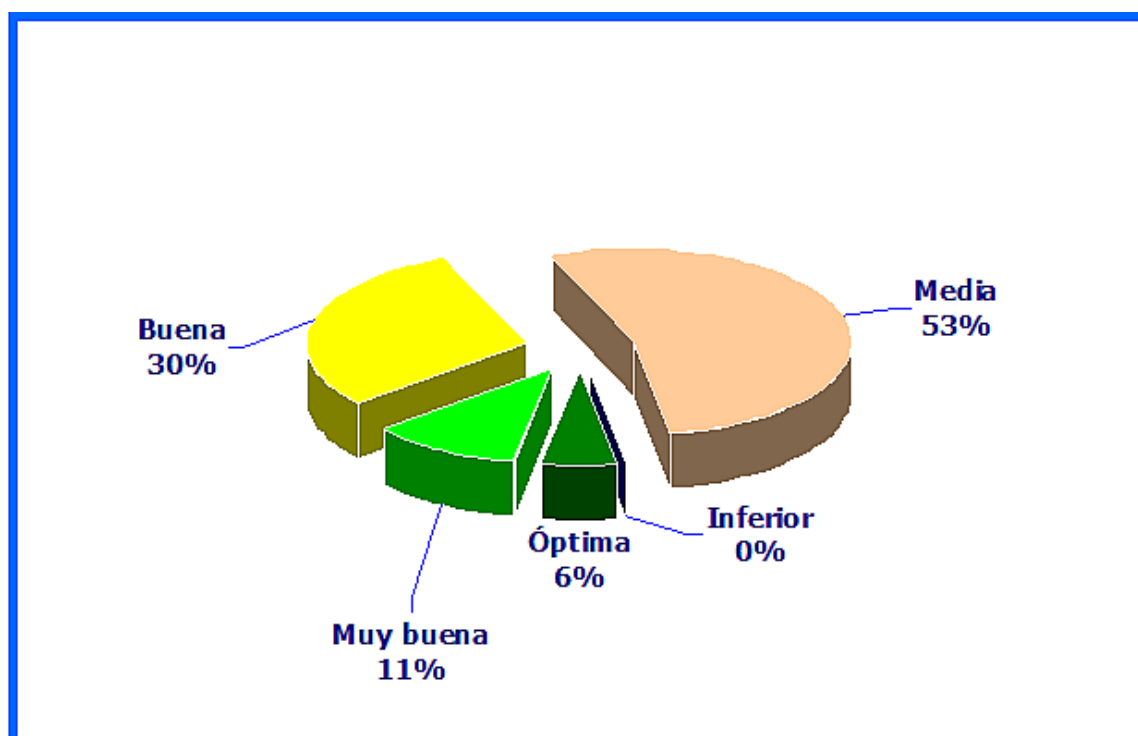
Peores características: Andesita, Milonita, Traquita y Basalto

Calidad de las rocas para balasto: todas cumplen

Valoración	Óptima	Muy buena	Buena	Media	Inferior
Código de colores					

	Finos < 0,5 mm	Espesor 16-25 mm	Espesor < 16 mm	Forma	Longitud	Fragmen tación	Densidad	Absorc. agua	Franklin	TOTAL
ANDESITA										
ANFIBOLITA										
BASALTO										
CORNEANAS										
CUARCITA										
DIABASA										
GRANITO										
GRANODIORITA										
MILONITA										
OFITA										
RIOLITA										
SERPENTINA										
TRAQUITA										

Distribución de las reservas de balasto por calidad de la roca



Recepción

Se compone de:

Ensayos iniciales

Se realizarán los ensayos iniciales establecidos en el punto 9.2 de la UNE EN 13450

Control de recepción

En cantera para el material que haya pasado el control de calidad del fabricante.

Control realizado y costado por el Comprador.

Se divide el material en lotes de recepción definidos por la menor de las siguientes cantidades:

500 m³ para balasto sin distintivo de calidad

2.500 m³ para balasto con distintivo de calidad

Volumen producido en una semana

Para cada lote o conjunto de lotes se pedirá la documentación recogida en UNE EN 13450 referida a denominación, descripción, identificación, etiquetado y marcado CE, entre la que destaca:

Nº de identificación del lote y volumen del mismo.

Origen (centro de producción) y manipulaciones intermedias hasta la llegada a la obra.

Naturaleza y descripción de la roca.

El tipo de balasto, según su resistencia al desgaste-fragmentación (art.2.7).

Resistencia a la meteorización por la acción de la helada (art.2.8).

Resistencia a la ebullición (Sonnenbrand) (art.2.9).

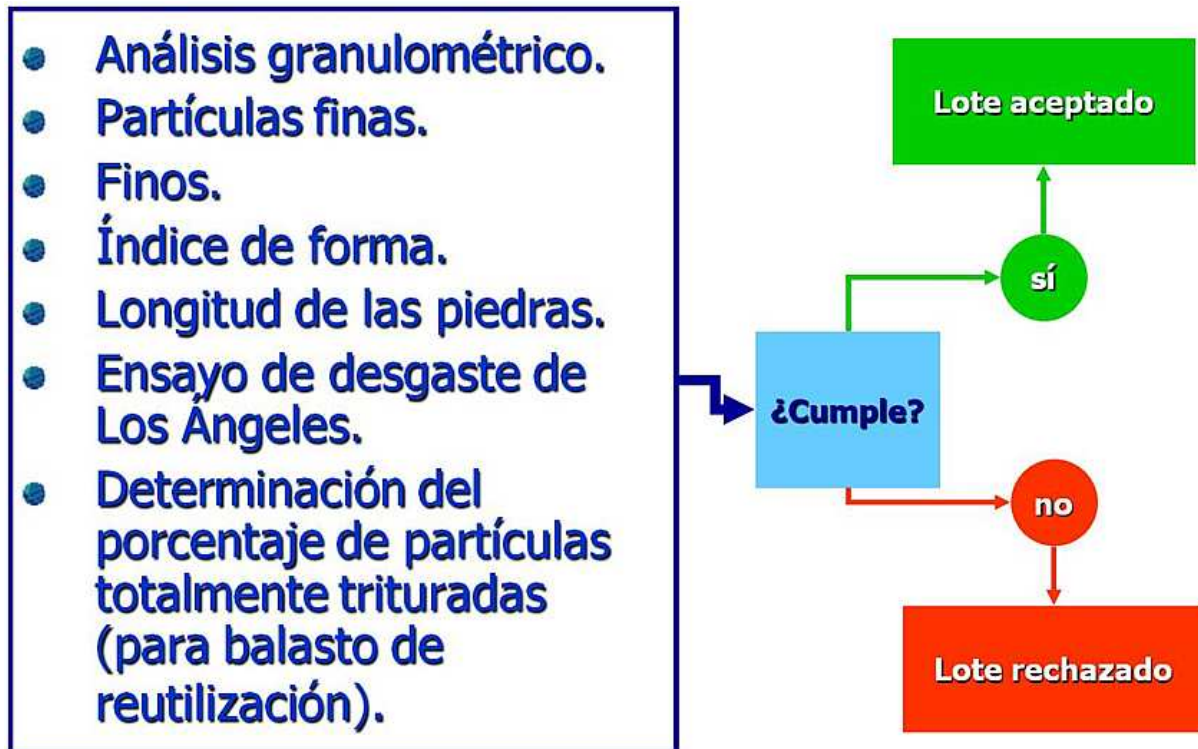
Liberación de sustancias radiactivas y/o peligrosas, según Norma UNE-EN 13450:2003.

El certificado de Control de Producción de Fábrica (CPF) emitido por el Organismo Notificado.

Declaración CE de conformidad del fabricante

En el caso de balasto con distintivo de calidad reconocido oficialmente por la Administración, de todos los puntos anteriores sólo será necesario la presentación de la Declaración CE del fabricante.

Plan de ensayos a realizar en cada lote de recepción



Medición y abono

Distintivos de calidad

La Administración vela por que los distintivos reconocidos garanticen las dos condiciones anteriores.

Los distintivos de calidad del balasto, reconocidos oficialmente por la Administración, permiten reducir de forma considerable el control de calidad de recepción que debe realizar el Comprador.

La obtención de un distintivo de calidad es una opción voluntaria del Centro de producción, y es **independiente del marcado CE que es de carácter obligatorio.**

Sistemas de control de calidad de balasto en España

EMPRESA
Autocontrol de calidad
durante la producción



ADMINISTRACIÓN
Control de inspección de
suministros por la
Administración
Ferroviaria

Control de calidad
por gestión directa:
Penalización por
Incumplimiento
Tolerado (P.I.T.).

Anejos

PF-7 SUBBALASTO

Está compuesto por varios apartados:

Objeto

Se definen las características técnicas de subbalasto a utilizar como capa soporte de vías férreas, así como las condiciones de puesta en obra y los controles de calidad a los que debe ser sometido.

Marcado CE.

Características del subbalasto

Origen y naturaleza

El subbalasto deberá proceder de:

Extracción en cantera, desmontes o préstamos de materiales rocosos, seguida de machaqueo, cribado y clasificación.

Reutilización de materiales de naturaleza rocosa procedentes de obras civiles.

100% de las partículas trituradas retenidas por el tamiz 4 (Norma UNE-EN 933-5:1999).

No podrá contener fragmentos de: madera, materia orgánica, metales, plásticos, rocas alterables, ni de materiales tixotrópicos, expansivos, solubles, putrescibles, combustibles ni polucionantes (desechos industriales).

Contenido de materia orgánica, según Norma UNE 103-204:1993, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2.

Además se realizará un análisis visual de lo retenido en este tamiz, para detectar posibles fragmentos de materia orgánica.

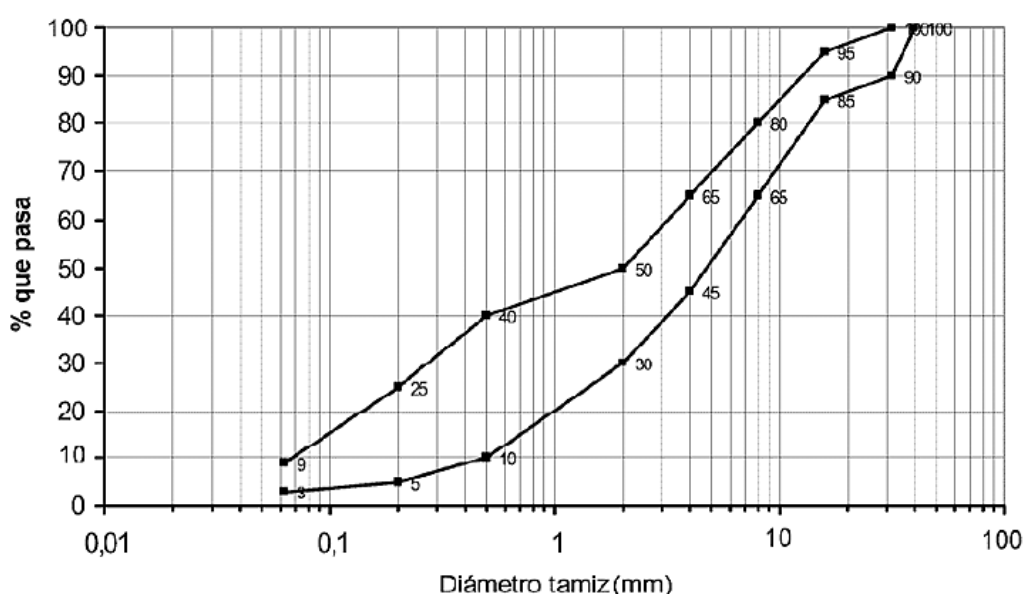
Contenido en sulfatos, según Norma UNE 103-201:1996, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2.

Granulometría:

El subbalasto estará constituido por una grava arenosa bien graduada, con un pequeño porcentaje de elementos finos. Deberá cumplir lo siguiente:

La curva granulométrica se ajustará al siguiente huso, representado en la figura 1 del [Anejo 2](#):

El ensayo para su determinación se realizará según Norma UNE-EN 933-1:1998.



El coeficiente de uniformidad $CU = D_{60}/D_{10}$, será mayor o igual que 14 ($CU \geq 14$).

El coeficiente de curvatura $CC = D_{30}/(D_{10} D_{60})$, estará comprendido entre 1,0 y 3,0 ($1,0 \leq CC \leq 3,0$).

El equivalente de arena, según UNE-EN 933-8:2000, será mayor de 45, para la fracción que pasa por el tamiz 2.

En el caso de que el subbalasto esté en contacto con una plataforma en la que el porcentaje de finos (material que pasa por el tamiz 0,063) sea mayor del 15% en peso del material que pasa por el tamiz 63, se cumplirán las dos condiciones adicionales siguientes:

1. El porcentaje de arena (material entre 2 y 0,063) será mayor del 30% del peso total de la muestra.
2. La fracción que pasa por el tamiz 0,2 estará comprendida entre el 20% y el 25% del peso total de la muestra.

Cuando la penetración de la helada pueda afectar a un cierto espesor de subbalasto, éste deberá ser insensible a ella. Para ello deberá cumplir el criterio de Casagrande siguiente:

$L_m \leq 3\%$, para $C_u \geq 15$.

$L_m \leq (13,5 - 0,7 C_u)\%$, para $5 < C_u < 15$.

$L_m \leq 10\%$, para $C_u \leq 5$.

Donde: L_m =% de material que pasa por el tamiz 0,02 respecto del total (obtenido por sedimentometría).

Resistencia al desgaste-fragmentación.

Se deberán cumplir las siguientes condiciones:

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) será $< 28\%$. El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-2:1999, teniendo en cuenta lo especificado en su Anexo A.

El coeficiente Micro-Deval Húmedo (MDH) será $< 22\%$. El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-1:1997.

Permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad vertical del subbalasto (K), compactado al 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado, debe ser $\leq 10^{-6}$ m/s. Su determinación se hará con permeámetro de carga variable.

Cuando el terreno natural y, en su caso, el terraplén sean insensibles al agua, puede prescindirse del control de permeabilidad del subbalasto.

Control de recepción

La toma de muestras y su preparación se realizará de acuerdo con las Normas UNE-EN 932-1:1997 Parte 1, y UNE-EN 932-2:1999.

El plan de ensayos será el siguiente:

A cada lote de recepción se le realizará un «control normal», constituido por los ensayos siguientes:

Análisis granulométrico.

Equivalente de arena.

Ensayo de desgaste de Los Ángeles.

Ensayo Micro-Deval Húmedo.

Ensayo de permeabilidad, en su caso.

Contenido de materia orgánica.

Contenido de sulfatos.

Determinación del porcentaje de partículas trituradas, en los casos de mezcla de árido natural y de machaqueo.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del artículo 2. En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado, lo que dará lugar a las correcciones necesarias en el proceso de producción

Cuando se hayan aceptado cinco lotes de recepción consecutivos, se podrá aplicar a los siguientes un «control reducido».

PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA TÉCNICA Y ORGANIZATIVA DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n º 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail: cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

El siguiente proyecto es pionero en la industria mundial de los áridos, por su enfoque de mejora continua de la competitividad de las empresas.

El Plan se ha realizado dentro del proyecto: Identificación de necesidades tecnológicas y desarrollo de soluciones técnicas y organizativas para la mejora de la competitividad y el desarrollo sostenible para las PYME del Sector de los Áridos – PES Áridos, presentado en el marco de la convocatoria 2010 de ayudas del programa nacional de proyectos de innovación, de la línea instrumental de actuación de proyectos de I+D+i, del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, que engloba al subprograma de apoyo a la innovación de las pequeñas y medianas empresas (InnoEmpresa) para proyectos de carácter suprarregional y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea.

ABSTRACT

This project is first mover on Aggregates world industry, due to the approach of its companies of continuing competitiveness improvement.

The Plan has been carried out within the project "Identification of technological needs, and development of technical and organizational solutions for SMES-PES of aggregates sector", launched on the frame of 2010 national call on subsidies for innovative projects on the instrumental acting line of I+D+i, within the National Plan of Scientific Research, Development and Technological Innovation 2008-2011 which includes the supportive SMES (InnoEmpresa) subprogram for supra-regional projects co financed by the European Regional Development Fund (ERDF).

Palabras clave

Competitividad, Desarrollo Sostenible, Eficiencia

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de ayudar a las empresas del sector en la compleja situación económica actual y de aportar soluciones estructurales para que aquellas puedan planificar su desarrollo en la próxima década, la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos – ANEFA –, junto con el Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción – LOEMCO –, ha realizado el proyecto denominado Identificación de necesidades tecnológicas y desarrollo de soluciones técnicas y organizativas para la mejora de la competitividad y el desarrollo sostenible para las PYME del Sector de los Áridos – PES Áridos, presentado en el marco de la convocatoria 2010 de ayudas del programa nacional de proyectos de innovación, de la línea instrumental de actuación de proyectos de I+D+i, del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, que engloba al subprograma de apoyo a la innovación de las pequeñas y medianas empresas (InnoEmpresa) para proyectos de carácter suprarregional y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea.

Proyecto, pionero en la industria de los áridos mundial, por su enfoque de mejora continua de la competitividad de las empresas.

La competitividad, aplicada al entorno empresarial, que relaciona la capacidad de una empresa de plantear y desarrollar cualquier iniciativa aplicando sus recursos y su conocimiento para establecer ventajas que le permitan alcanzar y mejorar una determinada posición en el entorno sectorial, obteniendo unos rendimientos superiores a los de sus competidores. Esta competitividad lleva implícita una actitud estratégica por parte de las empresas orientadas hacia la eficiencia, la eficacia y la excelencia, independientemente de su tamaño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivos

El Plan de Mejoras Tecnológicas y Organizativas Sectoriales 2011 – 2020 para la mejora de la competitividad y el desarrollo sostenible del sector de los áridos, actúa sobre cinco elementos principales:

Competitividad.

Desarrollo sostenible – medio ambiente, calidad, seguridad, gestión económica.

Eficiencia en el uso de las materias primas (recursos, agua, energía eléctrica, explosivos, gasóleo, etc.).

Desarrollo de tecnologías más eficientes y limpias.

Desarrollo de nuevas aplicaciones y productos.

El objetivo principal no es otro que la mejora de las cuentas de resultados de las empresas del sector de los áridos a través de la optimización de la capacidad de gestión de los procesos productivos.

En la mejora de la competitividad entran en juego los conceptos de productividad – capacidad de producir más bienes o recursos satisfactorios con menos recursos (medios) –, tecnología, innovación, servicio, calidad, recursos humanos, imagen empresarial, etc. Se requiere fundamentalmente:

Innovación y mejora del proceso productivo, en todas o en cada una de sus etapas.

Empleo de la tecnología al servicio de la mejora del proceso productivo de la empresa.

Revisión de los procedimientos organizativos.

Formación, motivación y sensibilización de los trabajadores.

Orientación hacia los clientes de la empresa y los grupos de interés que la rodean.

Establecimiento de estrategias realistas que permitan anticiparse y de un liderazgo efectivo.

Las ciento sesenta (160) soluciones técnicas, organizativas, de inversión y de cooperación, que conforman el Plan se vinculan con las once (11) áreas del proceso productivo, se agrupan en forma de 29 fichas que recogen las líneas principales de actuación, para hacer más sencilla su interpretación a los destinatarios de este Plan.



Cada línea principal de actuación está estructurada en fichas que reúnen la descripción, los beneficios esperados, las recomendaciones y sugerencias, las soluciones organizativas o técnicas, el tipo de solución, las fases del proceso beneficiadas con la acción y los actores.

Grandes ventajas para las empresas

Las soluciones que se proponen requieren, en su mayoría, escasa o nula inversión y tienen una gran eficacia para la mejora de los procesos, produciendo importantes repercusiones positivas directas sobre la competitividad de las empresas – y, por lo tanto, sobre su economía –, destacando las siguientes ventajas y mejoras:

Capacidad de afrontar la crisis, saliendo reforzada de ésta.

Beneficios económicos y sostenibilidad ambiental.

Productividad, que redunda en una mayor rentabilidad de todas las etapas del proceso productivo.

Eficacia de la gestión, aplicando criterios de productividad para optimizar los estándares de producción.

Eficiencia de los diferentes procesos de producción, impulsando su rendimiento.

Disponibilidad y productividad de la planta de tratamiento y de los equipos. Reducción de tiempos muertos y averías.

Costes operativos más reducidos, motivados por un empleo más eficiente de los recursos económicos, técnicos y humanos.

Eficiencia en el uso de materias primas (energía, recursos minerales, agua, ...) y otros recursos productivos.

Diseño e implantación de estrategias comerciales.

Nuevas oportunidades de negocio, por acceso a nuevos mercados aplicando procesos de adaptación y de mejora de tecnologías.

Satisfacción del cliente y desarrollo de la innovación en productos y servicios en respuesta a sus necesidades.

Diversificación de los riesgos, fidelización de los clientes y atracción de otros nuevos.

Calidad y seguridad de productos y servicios, con un mejor control de producción.

Valor añadido de los productos.

Análisis económico y financiero más eficaz y enfocado a la competitividad.

Acople entre oferta y demanda.

Recursos humanos. Profesionalización, especialización y mejora de la calidad del empleo.

Cumplimiento legal y seguridad jurídica.

Implantación de mejores técnicas disponibles.

Cooperación y el desarrollo de actividades conjuntas del sector.

Confianza en el compromiso con el medio ambiente y con la seguridad de los trabajadores.

Posición de la empresa en relación con la protección del medio ambiente y con la percepción por el entorno social.

Integración en líneas estratégicas básicas de la Unión Europea que están adquiriendo una importancia creciente y que serán vitales en el futuro.

Imagen de marca de la empresa.

Actores

Para el éxito del Plan de Mejoras Tecnológicas y Organizativas Sectoriales 2011 – 2020, se requiere la participación activa de los actores que se muestran en el siguiente gráfico:



Análisis de la relevancia de los actores

	Relevancia	Roles
Empresario	Muy alta	Decisión de implantación y ejecución diaria
Técnicos	Alta	Asesoramiento, implantación, ejecución diaria, formación y sensibilización
Trabajadores	Media	Ejecución diaria
Asociaciones sectoriales	Media	Asesoramiento, formación y sensibilización. Acciones sectoriales
Administraciones	Baja	Apoyo. Solución de los problemas marco
Empresas de servicios	Media	Asesoramiento, implantación, ejecución diaria, formación y sensibilización
Centros tecnológicos	Media	Asesoramiento, implantación, ejecución diaria, formación y sensibilización
Empresas de bienes de equipo	Media	Asesoramiento, implantación, ejecución diaria, formación y sensibilización
Universidades	Media baja	Asesoramiento, formación y sensibilización
Grupos de interés	Baja	Interacción

Clasificación de las propuestas

El Panel de Expertos Sectoriales ha priorizado las propuestas, basándose en la importancia que podrían tener en la repercusión positiva sobre la eficiencia del proceso productivo o sobre la gestión medioambiental, así como en la dificultad de implantación considerando, para ello, el coste de la propuesta, la complejidad técnica, la necesidad de emplear recursos ajenos, etc.

Importancia		
4,25 a 5	Muy importante	Imprescindible poner en práctica
3,50 a 4,24	Importante	Su aplicación tendrá efectos muy positivos para la empresa
2,50 a 3,49	Relevante	Altamente recomendado su desarrollo
1,50 a 2,49	Poco relevante	Puede repercutir en mejoras del proceso
0 a 1,49	Irrelevante	Poner en práctica si se considera, aunque los beneficios pueden ser imperceptibles

Dificultad		
2,50 a 3	Alta	Exige importantes recursos económicos, técnicos y/o de coordinación entre los diversos actores presentes. La decisión debe ajustarse a las disponibilidades de la empresa
1,50 a 2,49	Media	Requiere recursos económicos de cuantía media o de recursos técnicos no habituales que pueden hacer necesaria la subcontratación. Puede ser necesario apoyarse en legislación o en acuerdos entre actores para poder desarrollar la propuesta.
0 a 1,49	Baja	Precisa de escasos recursos económicos y puede ponerse en práctica con los recursos técnicos ya existentes en la empresa. Sólo depende de un actor

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

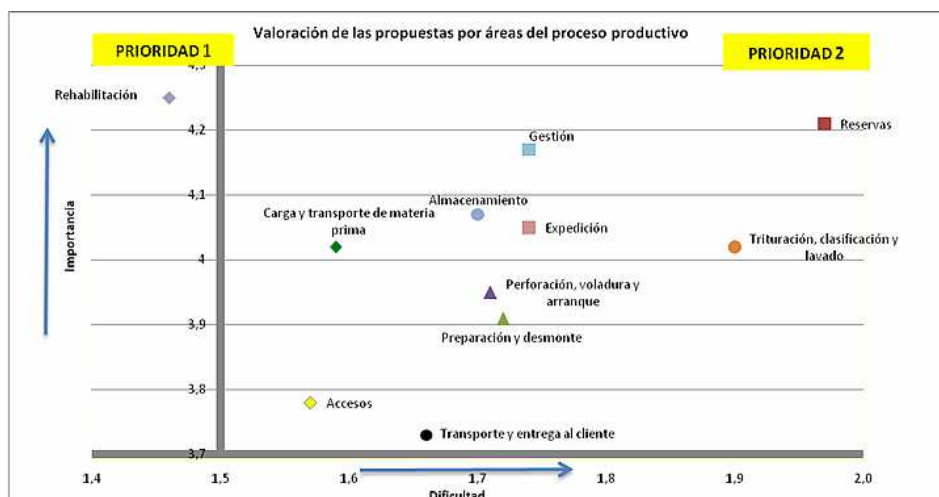
160 propuestas de soluciones técnicas y organizativas por áreas de la explotación

Fruto del trabajo de campo, del análisis en gabinete y de las aportaciones del Panel de Expertos Sectoriales, se han identificado ciento cuarenta y ocho (148) propuestas técnicas y organizativas que se han asignado a cada una de las once (11) áreas en las que se ha dividido el proceso productivo. A éstas, hay que sumarle otra relacionada con inversión y once (11) acciones en coordinación, lo que totaliza ciento sesenta (160) soluciones.



ÁREA	Importancia	Dificultad	Número de propuestas
Accesos	3,78	1,57	12
Reservas	4,21	1,97	11
Preparación y desmonte	3,91	1,72	6
Perforación, voladura y arranque	3,95	1,71	11
Carga y transporte de materia prima	4,02	1,59	21
Trituración, clasificación y lavado	4,02	1,90	19
Almacenamiento	4,07	1,70	14
Expedición	4,05	1,74	12
Transporte y entrega al cliente	3,73	1,66	8
Rehabilitación	4,25	1,46	7
Gestión	4,17	1,74	27
Totales	4,01	1,71	148

Se observa que las áreas donde existe un mayor potencial de mejora son las de rehabilitación, reservas, gestión, almacenamiento, expedición, así como en carga y transporte de materia prima y trituración y lavado, encontrándose las once (11) áreas en valores de importante o muy importante y, en cuanto a la dificultad, en un grado de dificultad media.

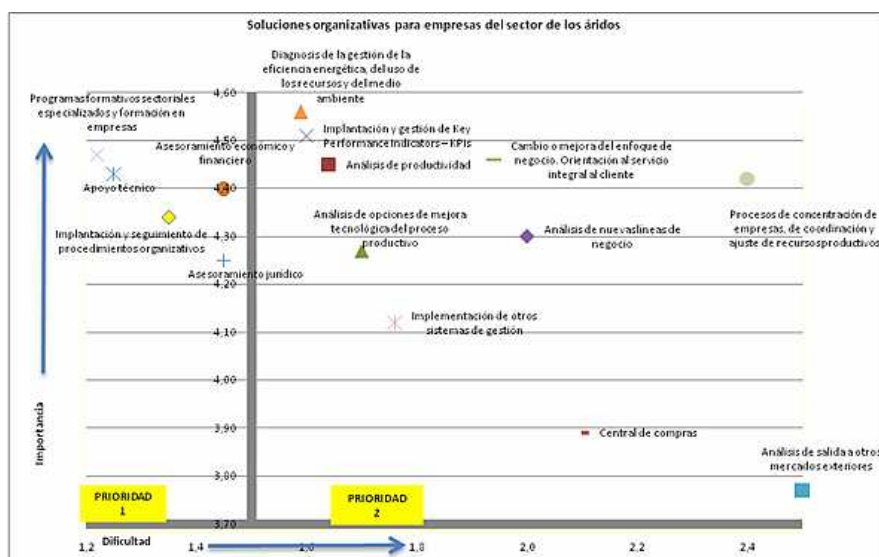


Desarrollo de soluciones organizativas

Para mayor aplicabilidad, las soluciones organizativas identificadas y desarrolladas se han integrado en quince (15) líneas de acción, valoradas por el Panel de Expertos en cuanto a su importancia y dificultad.

Solución organizativa	Importancia	Dificultad
Implantación y seguimiento de procedimientos organizativos	4,34	1,35
Análisis de productividad	4,45	1,64
Análisis de opciones de mejora tecnológica del proceso productivo	4,27	1,70
Implantación y gestión de Key Performance Indicators (Indicadores Clave de Desempeño) – KPIs	4,51	1,60
Apoyo técnico orientado a la competitividad	4,43	1,25
Asesoramiento económico y financiero	4,40	1,45
Asesoramiento jurídico	4,25	1,45
Central de compras	3,89	2,10
Cambio o mejora del enfoque de negocio. Orientación al servicio integral al cliente	4,46	1,94
Análisis de nuevas líneas de negocio	4,30	2,00
Análisis de salida a otros mercados exteriores	3,77	2,50
Diagnosis de la gestión de la eficiencia energética, del uso de los recursos y del medio ambiente	4,56	1,59
Programas formativos sectoriales especializados y formación en empresas	4,47	1,22
Implementación de otros sistemas de gestión	4,12	1,76
Procesos de concentración de empresas, de coordinación y ajuste de recursos productivos	4,42	2,40

Se observa que las soluciones organizativas prioritarias son las de formación, apoyo técnico, apoyo financiero, implantación de procedimientos y apoyo jurídico, seguidas de diagnóstico de la gestión de la eficiencia energética, del uso de los recursos y del medio ambiente, implantación y gestión de KPIs y análisis de la productividad. Las quince (15) soluciones agrupadas que se proponen se encuentran en valores de importante o muy importante y, en cuanto a la dificultad, en un grado de dificultad baja o media, con un caso que presenta alta dificultad.

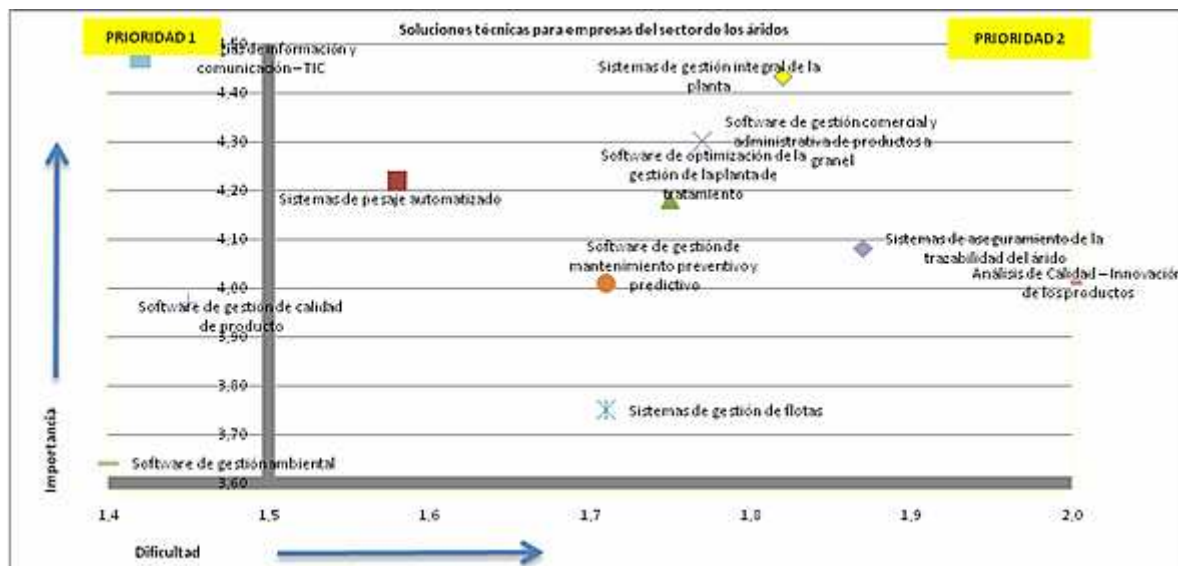


Desarrollo de soluciones técnicas

También buscando una mayor sencillez de interpretación, las soluciones técnicas identificadas y desarrolladas se han integrado en las once (11) líneas de acción, valoradas por el Panel de Expertos en cuanto a su importancia y dificultad.

Soluciones técnicas	Importancia	Dificultad
Sistemas de gestión integral de la planta	4,43	1,82
Sistemas de pesaje automatizado	4,22	1,58
Software de optimización de la gestión de la planta de tratamiento	4,18	1,75
Software de gestión comercial y administrativa de productos a granel	4,30	1,77
Sistemas de gestión de flotas	3,75	1,71
Software de gestión de mantenimiento preventivo y predictivo	4,01	1,71
Software de gestión de calidad de producto	3,97	1,45
Análisis de Calidad – Innovación de los productos	4,01	2,00
Software de gestión ambiental	3,64	1,40
Sistemas de aseguramiento de la trazabilidad del árido	4,08	1,87
Tecnologías de información y comunicación – TIC	4,47	1,42

Se observa que las soluciones técnicas más prioritarias son las tecnologías de información y comunicación, los sistemas de gestión integral de la planta, el software de gestión comercial y administrativa de productos a granel, los sistemas de pesaje automatizado y el software de optimización de la gestión de la planta de tratamiento, encontrándose las once (11) soluciones en valores de importante o muy importante y, en cuanto a la dificultad, en un grado de dificultad escasa o normal.



Fomento de la cooperación

En un sector como el de los áridos, esencialmente integrado por empresas de tipo PYME y micro-PYME, individualmente, muchas empresas tendrán dificultades para desarrollar las propuestas organizativas que se formulan en este Plan, pues la gran mayoría de las necesidades organizativas detectadas se debe a la dimensión y estructura empresarial y técnica existente.

El fomento de la cooperación sectorial en materia de competitividad debe ser un eje de trabajo principal.

VENTAJAS DE LAS ACCIONES EN COOPERACIÓN INTER-EMPRESARIAL

Ahorro de personal, y consecuente de costes salariales. Se sustituye un coste fijo por uno menor y variable.

Acceso a procedimientos, programas de gestión y software compartidos y disponibles mediante servidores compartidos, o en aplicaciones en la red.

Beneficiarse de nuevos desarrollos e innovaciones auspiciados por ANEFA, sus entidades colaboradoras u otras.

Puesta en común de experiencias y conocimientos.

Estricta confidencialidad de la información.

Coordinación en la realización de cursos de formación: formación de operadores en eficiencia energética en el manejo de maquinaria, formación de encargados y mandos intermedios....

Nuevas acciones de cooperación sectorial en ANEFA

Acuerdo de cooperación y desarrollo de actividades conjuntas, entre empresas que se adhieran voluntariamente.

Fundación de una empresa 100% ANEFA denominada Desarrollo y Servicios Industria Extractiva, S.L.U. – DSIE – para proveer de algunos de los servicios organizativos agrupados que se han identificado y que no se encuentran en el mercado o que estén muy poco desarrollados, de forma externa para las empresas, sumando recursos y sinergias.

Herramienta de autodiagnóstico de la competitividad, sencilla y disponible en Internet, para que las empresas puedan identificar su situación en esta cuestión y puedan iniciar la toma de decisiones.

Sistema de coordinación de las compras de determinados suministros o servicios, tales como recursos energéticos, explosivos, repuestos (neumáticos, ...), que complementen las acciones mancomunadas que se están realizando desde hace años, como es la oferta de seguros sectoriales, etc.

Estudio de viabilidad de cluster empresariales o de agrupaciones empresariales innovadoras para los áridos, dentro de la estrategia europea de promoción de la competitividad de las pequeñas y medianas empresas y de la innovación.

Contacto con empresas/instituciones especializadas, para cubrir las soluciones que todavía no existen en el mercado y que tienen una cierta complejidad.

Plan Estratégico 2012-2022 para el sector de los áridos, que integre todas las líneas de futuro para el crecimiento y el desarrollo sostenible de esta industria.

Acciones habituales de cooperación sectorial en ANEFA

Servicios a las empresas miembro relacionados con la competitividad, como asesoría jurídica (asesoramiento, lucha contra la competencia desleal, etc.), asesoría técnica, proyectos de mejora sectorial, negociación de acuerdos de servicios con proveedores, etc.

Actualmente se está analizando poder complementar esta oferta de servicios con otros nuevos como el acceso conjunto a las tecnologías de la información y comunicación, software de gestión, etc.

Lobby política y legislativo

Acciones permanentes de lobby legislativo y político, para solicitar y lograr la resolución de problemas – competencia desleal, lucha contra la morosidad, exigencia homogénea del cumplimiento de la legislación, marcado CE, etc. – que están lastrando la competitividad de las empresas del sector.

Plan estratégico de formación sectorial

Plan estratégico de formación sectorial – técnica específica y especializada –, que se adapta constantemente a las necesidades de las empresas.

Promoción de la I+D+i

Proyectos de I+D+i, por sus medios, a través de la Cátedra ANEFA de Tecnología de Áridos, que es fruto de la colaboración permanente con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid o en colaboración con las instituciones más prestigiosas relacionadas con el sector – LOEMCO, AITEMIN, LOM, IGME, otras Universidades o entidades –.

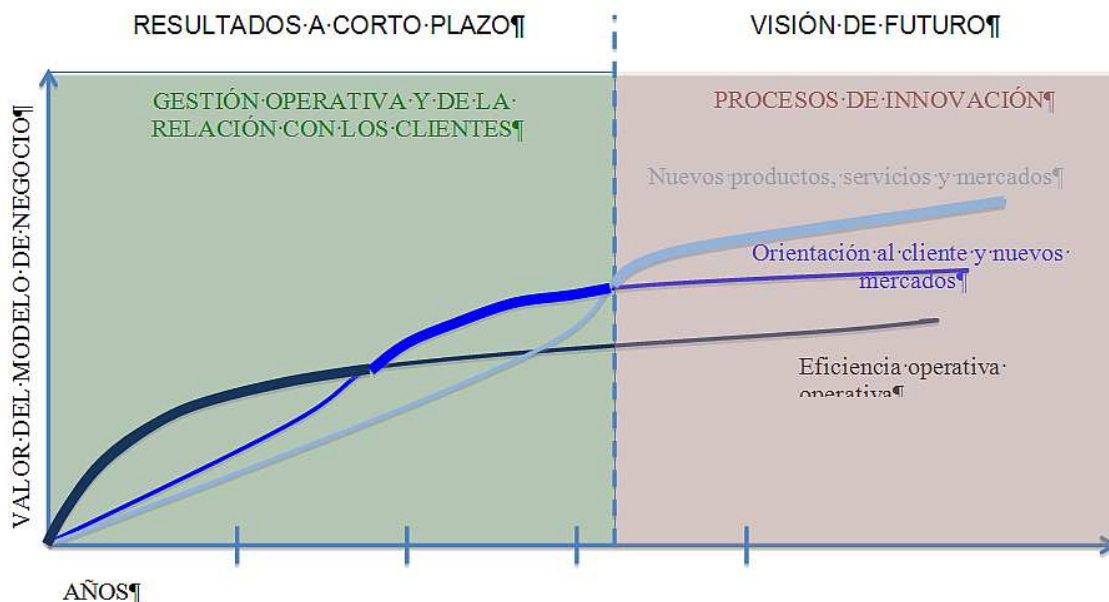
Información, divulgación y sensibilización de las acciones para la mejora de la competitividad

Otro eje de la actuación de ANEFA son las acciones de información y divulgación relacionadas con la mejora de la competitividad y con las soluciones aplicables a las empresas del sector, a través de todos los medios de comunicación con las empresas miembro.

Cronograma del plan de mejoras tecnológicas y organizativas sectoriales 2011- 2020

El ciclo de mejora continua de la competitividad y del desarrollo sostenible requiere del establecimiento de objetivos temporales para las prioridades de actuación.

Relación entre el tipo de medidas aplicadas y el incremento de valor del modelo de negocio de la empresa



Cronograma				
Soluciones técnicas y organizativas	Inme- diato	Corto plazo	Medio Plazo	Largo Plazo
Implantación y seguimiento de procedimientos organizativos				
Análisis de productividad				
Análisis de opciones de mejora tecnológica del proceso productivo				
Implantación y gestión de Key Performance Indicators (Indicadores Clave de Desempeño) -- KPIs				
Apoyo técnico				
Asesoramiento económico y financiero				
Asesoramiento jurídico				
Central de compras				
Cambio o mejora del enfoque de negocio. Orientación al servicio integral al cliente				
Análisis de nuevas líneas de negocio				
Análisis de salida a otros mercados exteriores				
Diagnóstico de la gestión de la eficiencia energética, del uso de los recursos y del medio ambiente				
Programas formativos sectoriales especializados y formación en empresas				
Implementación de otros sistemas de gestión				
Procesos de concentración de empresas, de coordinación y ajuste de recursos productivos				
Sistemas de gestión integral de la planta				
Sistemas de pesaje automatizado				
Software de optimización de la gestión de la planta de tratamiento				
Software de gestión comercial y administrativa de productos a granel				
Sistemas de gestión de flotas				
Software de gestión de mantenimiento preventivo y predictivo				
Software de gestión de calidad de producto				
Análisis de Calidad -- Innovación de los productos				
Software de gestión medioambiental				
Sistemas de aseguramiento de la trazabilidad del árido				
Tecnologías de información y comunicación -- TIC				
Inversión en equipos, sistemas y servicios				
Fomento de la cooperación				
Desarrollo de infraestructuras logísticas				
Lobby legislativo y político				
Concienciación/Sensibilización				
Estrategia competitiva sectorial				

CONCLUSIONES

Decálogo de recomendaciones y sugerencias

Todos los empresarios del sector deberían realizar un análisis cuidadoso de los contenidos del Plan, con la vista puesta en cuáles de las 160 propuestas de soluciones, que han sido validadas por un Panel de Expertos Sectoriales, son aplicables a sus explotaciones, en función de las circunstancias y características intrínsecas de cada empresa.

Se requiere analizar la productividad de cada uno de los procesos, determinar las oportunidades y el potencial de mejora, para buscar las opciones para corregir las posibles ineficiencias que se estuvieran produciendo. Es necesario realizar este análisis periódicamente.

Ese análisis y la introducción de mejoras organizativas pueden realizarse con medios propios de la empresa o con el apoyo externo de los especialistas de cualquiera de los actores que puedan aportar valor.

En el caso de incorporación de soluciones técnicas, actualmente existen en el mercado nacional diversas empresas que ofrecen este tipo de sistemas.

Las acciones mancomunadas a través de ANEFA pueden jugar un papel relevante. Puede ser interesante plantearse algunas acciones de forma conjunta con otros empresarios, para sumar esfuerzos y recursos y diversificar el riesgo.

La introducción de nuevas soluciones debe realizarse con el apoyo directo de los trabajadores involucrados en las tareas, pues sus sugerencias pueden ser de gran utilidad.

Cada empresa debería elaborar su propio plan estratégico, para incorporar las propuestas que se recogen en este documento, en función de las circunstancias y necesidades particulares.

Como el número de soluciones que se sugieren es muy elevado, deben priorizarse éstas tras un análisis detallado de las necesidades más acuciantes, estableciendo un cronograma.

Una vez establecidas las vías de mejora de la productividad, debe formarse al personal sobre éstas. La formación del personal es una de las inversiones más rentables para las empresas.

Es importante realizar un proceso de benchmarking, es decir de comparación, a través de los KPIs, para conocer y controlar la mejora de la explotación en el tiempo, así como su posición frente a los de otras explotaciones análogas.

Excelente valoración del proyecto y de las propuestas

Las once empresas que han intervenido en el proyecto, lo consideran muy interesante, sobresaliendo el interés de proseguir con las propuestas y las soluciones (4,86/5,00), la calidad de las propuestas y la ejecución del proyecto, ambas con (4,36/5,00).

NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

César Luaces Frades ⁽¹⁾

(1) Director General- Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos- ANEFA; Director General- Federación de Áridos- FdA; Secretario Técnico- Confederación de Industrias Extractivas de Rocas y Minerales Industriales- COMINROC. Travesía de Téllez n ° 4, entreplanta izquierda, Madrid. España. e-mail: cluacesfrades@aridos.org.

RESUMEN

El siguiente trabajo se ocupa de realizar una comparativa de las diferencias significativas existentes entre la Directiva en vigor y el RPC, a través del cual se fijan las condiciones para la introducción en el mercado de los productos de construcción, de acuerdo con sus características y el uso sobre el marcado CE.

ABSTRACT

This work is a comparative of the noteworthy differences existing between the current Directive and the new CPR Construction Products Regulation, which establishes new guidelines and conditions to the introduction of products for construction on the market, according to their characteristics and uses on CE conformity marking.

Palabras clave: Recursos naturales, sostenible, marcado CE, declaración de prestaciones

INTRODUCCIÓN

Tras la publicación, el 4 de Abril de 2011, en el Diario Oficial de la Unión Europea, del “Reglamento (UE) N ° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo” (en adelante RPC), empresas fabricantes, organismos notificados y otras entidades, van a tener que adaptarse al mismo, antes de que entre en vigor el 1 de julio de 2013.

Dicho RPC (el cual consta de 9 capítulos, entre los que se reparten 68 artículos y 5 anexos) anulará y sustituirá a la Directiva anterior, con el ánimo de una mejora y simplificación de la legislación, y con el objetivo de ser menos gravosa y más fácil de aplicar y por ende más efectiva.

A través del RPC se fijan las condiciones para la introducción en el mercado o comercialización de los productos de construcción estableciendo reglas armonizadas sobre cómo expresar las prestaciones de los productos de construcción en relación con sus características esenciales y sobre el uso del marcado CE en dichos productos.

Realizando una comparativa entre la Directiva en vigor y el RPC existen diferencias significativas entre las que se puede destacar la inclusión de un nuevo requisito esencial sobre la “utilización sostenible de los recursos naturales”, pendiente de desarrollar según se vaya contemplando en las Reglamentaciones de los Estados Miembros

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Como principales diferencias entre el DPC y el RPC se pueden citar:

Desaparición del concepto de “IDONEIDAD AL USO”. Sólo se trata de que los fabricantes declaren las prestaciones de sus productos.

Aparición de un **nuevo** Requisito Esencial: “UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES”. Dicho requisito queda pendiente de desarrollar según se vaya contemplando en las Reglamentaciones de los Estados Miembro.

Toma protagonismo el documento “**declaración de prestaciones**” (antes declaración CE), frente al marcado CE. En concordancia con el artículo 4, incluido en el Capítulo II:

1) “Cuando un producto de construcción esté cubierto por una norma armonizada o sea conforme con una evaluación técnica europea emitida para el mismo, el fabricante emitirá una declaración de prestaciones cuando dicho producto se introduzca en el mercado”.

2) “ Cuando un producto de construcción esté cubierto por una norma armonizada o sea conforme con una evaluación técnica europea emitida para el mismo, solo podrá facilitarse información de cualquier tipo sobre sus prestaciones en relación con sus características esenciales, como se define en la especificación técnica armonizada, si está incluida y especificada en la declaración de prestaciones, excepto cuando, de conformidad con el artículo 5, no se haya emitido ninguna declaración de prestaciones.”

3) “Al emitir la declaración de prestaciones el fabricante asumirá la responsabilidad de la conformidad del producto de construcción con la prestación declarada. A falta de indicaciones objetivas de lo contrario, los Estados miembros darán por supuesto que la declaración de prestaciones emitida por el fabricante es correcta y fiable.”

Declaración de prestaciones: con información muy exhaustiva del fabricante, producto, norma, sistema de evaluación, características valores, etc.

Sólo se pondrá el MARCADO CE cuando el fabricante haya realizado la Declaración de Prestaciones.

El Mercado CE implica el cumplimiento de dicho Reglamento y de las demás normativas armonizadas de la Unión Europea.

Será el único marcado que certifique la conformidad con las características esenciales.

Los Estados Miembro retirarán toda referencia en sus legislaciones a mercados que certifiquen la conformidad con las características esenciales cubiertas por especificaciones técnicas armonizadas.

Quedan excluidos del RPC:

Productos por unidad (marcado CE voluntario)

Productos fabricados in situ (en la obra- autoconsumo)

Productos tradicionales (para restauración histórica artística, etc.)

Se incluye el concepto de “PERIODO DE COEXISTENCIA” no definido expresamente en la DPC)

Aparecen definidos y desarrollados, en línea con la Regulación horizontal temas de:

Vigilancia de mercado

Acreditación de Organismos Notificados

Puntos de contacto de productos

Se define y desarrolla el concepto de “autoridad notificante”. Según el artículo 40, contenido en el Capítulo VII:

“Los estados miembros designarán una autoridad notificante que será responsable del establecimiento y la aplicación de los procedimientos necesarios para evaluar y notificar a los organismos que estarán autorizados a desempeñar tareas en calidad de terceros en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones a efectos del presente Reglamento, así como de la supervisión de los organismos notificados, lo que incluye el cumplimiento por parte de estos del artículo 43”.

“Los estados miembros podrán encomendar la evaluación y la supervisión contempladas en el apartado 1 a sus organismos nacionales de acreditación, en el sentido del reglamento (CE) n° 765 /2008 y con arreglo a él.

“Cuando la autoridad notificante delegue o encomiende de cualquier otro modo la evaluación, la notificación ó la supervisión contempladas en el apartado 1 a un organismo que no sea entidad pública, el organismo deberá ser una entidad jurídica y cumplirá mutatis mutandis los requisitos establecidos en el artículo 41. Además este organismo habrá adoptado las disposiciones pertinentes para asumir las responsabilidades derivadas de sus actividades.”

“La autoridad notificante asumirá la plena responsabilidad de las funciones realizadas por el organismo contemplado en el apartado 3”.

Se desarrolla el tema de la subcontratación de organismos notificados (aunque no sea necesario que estén notificados). Según los apartados del 2 al 11 incluidos en el artículo 43, contenido en el Capítulo VII, se presentan a continuación algunas de las ideas trascendentales:

3.”El organismo notificado será un organismo tercero independiente de la organización ó del producto de construcción que evalúa.”

9. “Los organismos notificados suscribirán un seguro de responsabilidad, salvo que el Estado miembro asuma la responsabilidad con arreglo al Derecho nacional o que el propio Estado miembro sea directamente responsable de las evaluaciones ó verificaciones realizadas.”

10. “El personal de los organismos notificados estará sujeto al secreto profesional en lo que respecta a toda la información recabada en el marco de sus tareas con arreglo al anexo V, salvo en su relación con las autoridades administrativas competentes del Estado miembro en el que desarrollen sus actividades. Se protegerán los derechos de propiedad industrial.”

11.”Los organismos notificados participarán en las actividades de normalización pertinentes y en las actividades del grupo de coordinación de los organismos notificados establecido con arreglo al presente Reglamento, o se asegurarán que su personal de evaluación está informado al respecto, y aplicarán a modo de directrices generales las decisiones y los documentos administrativos que resulten de las actividades de dicho grupo.”

Se desenvuelve el argumento de la utilización de laboratorios de los fabricantes para realizar los EIT.

Se establece el funcionamiento de NANDO (página web europea de organismos notificadores).

Se definen y establecen las competencias de los **“agentes económicos”**. Definiendo como tales al fabricante, al distribuidor, al importador y al representante autorizado (art. 2, apartado 18 del capítulo I).

Dentro del capítulo I, artículo 2, apartados 19,20,21 exponen:

19) Fabricante: toda persona física ó jurídica que fabrica un producto de construcción, o que manda diseñar o fabricar un producto de construcción, y lo comercializa con su nombre o marca comercial;

20) Distribuidor: toda persona física o jurídica en la cadena de suministro, distinta del fabricante o del importador, que comercializa un producto de construcción;

21) Importador: toda persona física o jurídica establecida en la Unión que introduce un producto de un tercer país en el mercado de la Unión;

22) Representante autorizado: toda persona física o jurídica establecida en la Unión que ha recibido un mandato escrito de un fabricante para actuar en su nombre en tareas específicas.

Se desarrollará por la Comisión la utilización de páginas Web para la entrega de la Declaración de Prestaciones.

Aparición y se define el concepto de “valor umbral” (valor mínimo o máximo de una característica que se reflejará en la norma armonizada), que serán establecidos por la Comisión.

Aparición del concepto de PRESTACIÓN NO DETERMINADA “NPD”, para el caso de que las características esenciales enumeradas no se declare prestación.

También existen algunos cambios terminológicos importantes que quedan recogidos en la siguiente tabla:

DPC	RPC
Requisitos Esenciales	Requisitos Básicos de las obras
Declaración CE de Conformidad	Declaración de Prestaciones
Guía de DITE/Procedimiento CUAP	Documento de Evaluación Europeo (DEE)
Documento de idoneidad Técnica Europea (DITE)	Evaluación Técnica Europea (ETE)
Organismo autorizado para el DITE	Organismo de Evaluación Técnica (OET)
EOTA	Organización de los Organismos de Evaluación Técnica Europea
Sistemas de evaluación de la conformidad	Sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones
Ensayo Inicial de Tipo (EIT)	Ensayo de Tipo

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Caballero, L. (2010). Reglamento Europeo de Productos de Construcción. Jornada sobre Novedades de la Normalización de Áridos. Implicaciones para las empresas. Madrid, España (23)

Reglamento (UE) Nº 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo de 2011, por la que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo.

ANÁLISIS DE PARÁMETROS DINÁMICOS Y ESTÁTICOS EN LA PROSPECCIÓN DE ÁRIDOS. CASO PRÁCTICO: CANTERA DE ARCILLAS EN MADRID (ESPAÑA)

Domingo Alfonso Martín Sánchez⁽¹⁾, Cosme Rafael Pérez-Puig Obieta⁽¹⁾, Jesús María Díaz Curiel⁽¹⁾, Jorge Luis Costafreda Mustelier⁽¹⁾ y José Luis Parra y Alfaro⁽¹⁾

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Dpto. Ingeniería Geológica. Calle Ríos Rosas 21, Madrid, España. E-mail: domingoalfonso.martin@upm.es; cosmeperezpuig@gmail.com; j.diazcuriel@upm.es; costafreda@yahoo.es ; joseluisparra@upm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se hace una valoración de los recursos existentes en una explotación de áridos estudiando parámetros dinámicos mediante técnicas geofísicas y parámetros estáticos mediante ensayos de caracterización de arcillas en laboratorio. Esta doble actuación obedece a la nueva normativa aplicada a las explotaciones mineras en las que se indica la necesidad de la realización de un informe geotécnico incluido dentro de la valoración arqueológica de la explotación. Para ilustrar este "modus operandi" se ha elegido un caso práctico real: una explotación sita en el municipio de Torres de la Alameda, Madrid (España).

En cuanto al análisis de los parámetros dinámicos se ha realizado una campaña de prospección geofísica utilizando Corriente Continua mediante la técnica de los Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.). La selección de los lugares de prospección ha obedecido a criterios estadísticos apoyados en las observaciones de la geología de superficie y las características morfológicas de la explotación.

La aplicación de los S.E.V. ha permitido determinar la distribución en profundidad de los diferentes niveles geoelectrónicos del área estudiada, además de la distribución de resistividades en cada uno de los niveles.

Para el estudio de parámetros estáticos se realizó una investigación de las características geotécnicas del terreno mediante la realización de calcatas geomecánicas y ensayos de penetración dinámica además de ensayos de caracterización de muestras.

Dicha información, conjuntamente con las descripciones sobre las muestras obtenidas, han permitido realizar una caracterización fiable y barata de los recursos presentes en la zona de estudio.

ABSTRACT

This paper makes an assessment of existing resources in an aggregates exploitation by studying dynamic parameters with geophysical techniques and static parameters with laboratory tests. This double performance reflects the new mining operations standards in Madrid, the duty of geotechnical studies and an archeological valuation of the exploitation. To illustrate this "modus operandi" a real case study is shown: a mine located in the municipality of Torres de la Alameda, Madrid (Spain).

The analysis of dynamic parameters has been done with a geophysical prospection campaign. The selected method has been the vertical electrical soundings (V.E.S.) with direct current. The selection of survey sites has resulted from statistical criteria supported by surface geology observations and the morphology of the exploitation.

The application of V.E.S. had allowed determining the distribution of different geoelectrical levels in depth through the study area, as well as the distribution of resistivity in each of these levels.

The static parameters studied have consisted in geotechnical characterization of soils, such as geomechanical trenches, SPT and in lab sample characterization test (Atterberg f.e.).

The information obtained combining dynamic and static parameters have enabled a reliable and cheap characterization of the resources in the study area.

INTRODUCCIÓN

Partiendo del objetivo principal de valoración de los recursos existente en una explotación vamos a desarrollar un *modus operandi* que constará de los siguientes pasos; primero realizaremos un estudio de la geología general de la zona pasando a un estudio de detalle en el entorno de la explotación.

Después de conocer el entorno geológico se planificara la campaña geofísica que pretende determinar la distribución en profundidad de los diferentes niveles geoelectricos existentes en la zona, así como la distribución de resistividades dentro de ellos y su correspondiente asignación litológica, de cara a hacer una caracterización y cubicación de los recursos por niveles explotables. Estos dos apartados constituirán la parte dinámica del estudio ya que las observaciones se hacen sobre el material "in situ", sometido a las mismas condiciones que tiene en yacencia.

De los niveles caracterizados geoelectricamente se seleccionaran una serie de muestras que se estudiarán mediante ensayos de laboratorio encaminados a la caracterización de los niveles arcillosos que aparecen en diferentes lugares de la explotación.

A continuación será necesario hacer una valoración geotécnica que nos permita identificar y valorar las posibles alteraciones generadas por las acciones susceptibles de producir un impacto directo o indirecto el medioambiente o sobre los bienes materiales incluyéndose el patrimonio histórico artístico y arqueológico (ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid). Esta será la parte estática ya que dichos ensayos se realizaran con dos objetivos, caracterización litológica y caracterización geotécnica, a través de muestra extraída de su entorno natural.

Al final veremos las equivalencias existentes y la posibilidad de extender estas observaciones a lo largo de toda la explotación y la opción de utilizar estas observaciones en las explotaciones geológicamente próximas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización de la zona de estudio se abordo desde el punto de visto bibliográfico apoyado en observaciones hechas en campo y mediante la utilización de instrumentación de medida tanto dinámica o en campo como estática o medida de laboratorio

1.1.- Materiales.

La identificación de los materiales se realizó bajo tres aspectos fundamentales, uno geográfico que nos ubica la zona de estudio en un entorno concreto, otro aspecto geológico que nos acota la geología regional en la que nos encontramos y nos permite centrar las observaciones en campo y otro aspecto geotécnico que nos ayuda a determinar de forma precisa el tipo de ensayos a realizar.

1.1.1.- Marco Geográfico

Las coordenadas de ubicación de la zona son $40^{\circ} 22'$ y $3^{\circ} 23'$ dentro del sector centro oriental de la cuenca del Tajo o Cuenca de Madrid. Está situada dentro de la comunidad de Madrid entre los términos municipales de Loeches y Campo Real perteneciendo, la zona de estudio al termino municipal de Torres de la Alameda.

El relieve es poco accidentado a excepción de los Márgenes de los ríos Jarama y Henares. Aparecen zonas escarpadas que enlazan las vegas de los ríos con las altiplanicies.

La densidad de población es elevada con alta actividad agrícola e industrial, como ciudades importantes próximas a la zona de estudio tenemos

La zona de estudio abarca tanto la explotación actual de arcillas como una zona adyacente donde se planea la expansión de la explotación. Las actuaciones se han realizado en un área de aproximadamente 10.000 m^2 . En el momento de realización de los trabajos de campo, la parcela presentaba una topografía llana, tomándose como cota de referencia a 650 metros sobre el nivel del mar.

1.1.2.- Marco Geológico

La zona de estudio está situada dentro de la Hoja Geológica escala 1:50.000 N° 560 de Alcalá de Henares. Está situada dentro de la cuenca Meso-Terciaria del Tajo en las zonas de transición de las facies intermedias a centro de la cuenca de Madrid. Un esquema general del entorno geológico se presenta en la Figura 1.

Los materiales de la zona son de la era Cenozoica del periodo Neógeno y de edad Miocena pertenecientes a la facies de arcillas inferiores de la unidad Alcalá.

Sedimentológicamente se produjo el relleno de la Cuenca del Tajo en condiciones endorreicas con abanicos aluviales en los bordes que pasan hacia el centro de la cuenca en forma de evaporizos lacustres.

Litológicamente son arcillas marrones y grises con cristales de yeso y yeso diagenético, arcillas marrones y arenas finas micáceas gris verdosas de la unidad Alcalá inferior (Orleaniense).

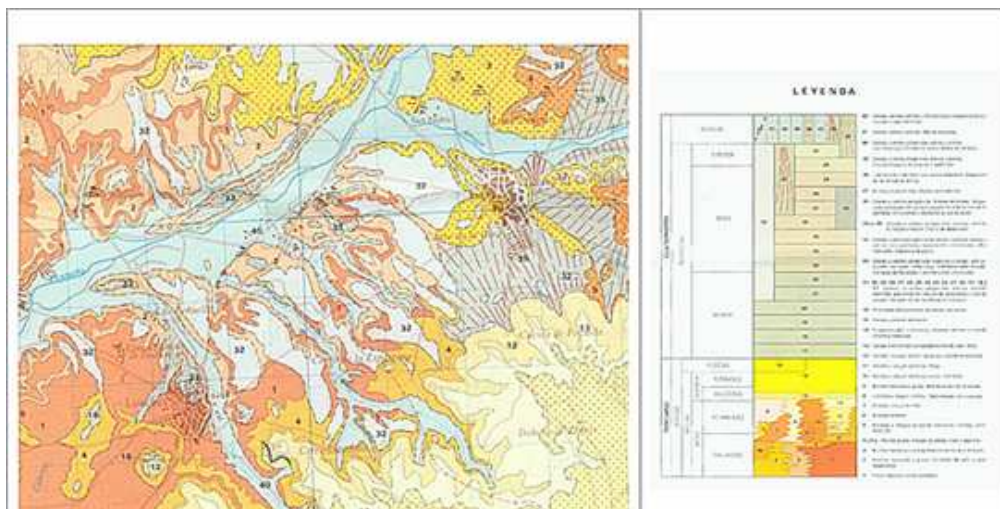


Figura 1: Esquema geológico de la zona (Portero et al. 1986).

Afloran en los escarpes de la margen izquierda, bajo las terrazas del río Henares y en las laderas de los arroyos. En la zona de estudio los materiales se encuentran bajo un depósito de glacia.

Los materiales se explotan activamente, por la industria cerámica implantadas en Alcalá de Henares, Torre de Alameda y Loeches.

Ambas unidades están limitadas en su techo por una importante ruptura sedimentaria que separa yesos y arcillas.

Se produce alternancia de arcillas limoníticas marrones en gruesas capas de hasta 1 m con niveles laminados de limos y arenas finas micáceas.

Desde el punto de vista tectónico los materiales se encuentran subhorizontales con pendientes entre 5 y 6 por mil en las calizas del Páramo.

Hidrogeológicamente el conjunto Mioceno es un mismo acuífero donde se aglutinan distintas series heterogéneas procedentes de abanicos aluviales.

Estas facies están compuestas por arcillas arenosas y arenas arcillosas como efecto de depósitos de inundación.

El acuífero es un nivel lenticular y tabular con intercalaciones de fangos (acuitardos).

1.1.3.- Marco Geotécnico

Los terrenos donde encontramos la zona de estudio están clasificados bibliográficamente según la Hoja Nº 45 de escala 1:200.000 del Mapa Geotécnico de Madrid como terrenos del tipo II4.

Las litologías definidas presentan formas redondeadas allí donde aparecen yesos masivos y con abarrancamientos profundos según la dirección de la máxima pendiente.

Su permeabilidad es prácticamente nula y su drenaje es malo creándose redes de escorrentía superficial muy acusada. El nivel freático no suele aparecer y si lo hace es por debajo de los 15 m.

Con respecto a las condiciones constructivas hemos de decir que las capacidades de carga tienen un periodo de variación bastante amplia desde altas a bajas, siendo posible la aparición de asientos bruscos por disolución de yesos.

La capacidad de carga es alta y los asentamientos de magnitud media, sin embargo la existencia de yesos y su fácil disolución pueden provocar la aparición, al cargar excesivamente el terreno y no contar con un sistema de drenaje adecuado, de asentamiento importante que a veces pueden darse de forma brusca.



Analizando los valores de la resistividad aparente para distintos dispositivos, es posible determinar la distribución de la resistividad real del medio, en función de las características que presente.

Si el terreno está constituido por diferentes niveles homogéneos que presentan una distribución aproximadamente subhorizontal (hasta 25°) de sus características eléctricas, se podrá deducir la resistividad y espesor de cada uno. Ensayos de laboratorio.

No se han considerado métodos más avanzados de prospección como la tomografía eléctrica por motivos económicos y de simplicidad en la interpretación

El objetivo es el levantamiento de la columna estratigráfica a partir de la naturaleza y descripción litológica de los distintos niveles encontrados y determinar niveles colgados de agua o cualquier anomalía existente.



Figura 3.- Fotografía del desarrollo del SEV 1.

1.1.5.- Reconocimiento de visu

Se han realizado 2 levantamientos de visu sobre zanjas excavadas con una pala mecánica de la marca y modelo CAT 9626. Se ha considerado aceptable el número de dos en función de la superficie de estudio y de la homogeneidad de los materiales observados en el estudio geológico previo y constatado con las medidas geofísicas

La profundidad alcanzada con dichas zanjas ha sido de 2,40 y 2,20 metros para los ensayos C-1 Y C-2 respectivamente, la columna elaborada para la calicata 1 (C-1) se puede apreciar en la Figura 4.

1.1.6.- Ensayos de Penetración Dinámica

Con el ensayo de penetración dinámica (tipo borros) se pretende obtener la resistencia del terreno de penetración. Este ensayo consiste en la hincada de una puntaza tipo de 40 cm x 40 cm acoplada al extremo de un varillaje de 32 mm de diámetro, golpeado mediante una maza de 63,5 kg de peso, que cae desde una altura de 0,5 m.

Sucesivamente se van anotando el número de golpes N_{20} necesarios para lograr penetraciones de 20 cm de la puntaza en el terreno. Los ensayos se realizan hasta la profundidad en la cual se alcanza el rechazo de los mismos, es decir cuando el número de golpes para penetrar los 20 cm es superior a 100 ($N_{20} > 100$ golpes/20 cm) o los 10 m para estructuras habituales.

Dada la tipología de los ensayos de penetración dinámica, que no extraen testigo, y por tanto no permiten determinar la naturaleza del terreno atravesado, ni conocer el mismo por debajo de las profundidades de rechazo.

QUITO-ECUADOR. 9 y 10 DE AGOSTO DE 2011



Para los dos penetrómetros realizados no se ha encontrado un rechazo, hasta los 10 m seleccionados como profundidad máxima necesaria.

Al igual que en el caso anterior también se han utilizado criterios de homogeneidad y observaciones geofísicas para delimitar a 2 los ensayos a realizar.

Los ensayos seleccionados para la caracterización de los niveles arcillosos que aparecen en diferentes lugares de la explotación son: La determinación de la densidad aparente (UNE 103-301), la determinación de la humedad de un suelo (UNE 7328), la determinación de los límites de Atterberg (UNE 103-103 y 103-104), el hinchamiento libre en edómetro (UNE 103-306). Estos ensayos fueron seleccionados atendiendo a criterios de simplicidad y económicos.

Los ensayos de laboratorio seleccionados con el fin de caracterizar la naturaleza y los diferentes niveles geotécnicos del subsuelo son: Determinación de la humedad (UNE 103-300), Determinación de la densidad (UNE 103-301), Granulometría de suelos por tamizado y sedimentación (UNE 103-101), Determinación del Límite Líquido de un suelo (UNE 101-103), Determinación del Límite Plástico de un suelo (UNE 101-104), Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo (UNE 103-201) e Hinchamiento libre en edómetro (UNE 103-306)

Aunque las muestras no eran las mismas se suprimen algunos de los ensayos para no incurrir en duplicidad ya que esta situación haría que la metodología fuera poco viable económicamente hablando.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS CONTENIDOS

Después de analizar la metodología de trabajo comprobaremos que con cada uno de los pasos obtenemos los objetivos propuestos, analizando los resultados que cada disciplina nos proporciona.

3.1.- Sondeos eléctricos verticales.

Las características de los 11 SEV realizados aparecen en la Tabla 1:

Tabla 1: Características de los SEV realizados en la zona

SEV	Dispositivo	Acimut	Longitud
SEV-1	Schlumberger	360	200
SEV-2	Schlumberger	360	200
SEV-3	Schlumberger	355	200
SEV-4	Schlumberger	355	200
SEV-5	Schlumberger	210	200
SEV-6	Schlumberger	210	200
SEV-7	Schlumberger	10	160
SEV-8	Schlumberger	194	200
SEV-9	Schlumberger	360	200
SEV-10	Schlumberger	195	200
SEV-11	Schlumberger	360	200

La distribución espacial de los SEV y de las demás actuaciones se muestra en la Figura 6.

Con los resultados de los SEV se han confeccionado una serie de secciones geoeléctricas A partir de las cuales se pueden establecer dos grandes diferenciaciones. Una en función de las variaciones de la resistividad con la profundidad, que nos define los 4 grandes grupos litológicos existentes en la zona y que son:

- 1) Arenas con resistividad $> 200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$.
- 2) Arenas arcillosas con resistividad entre 100 y 200 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$.
- 3) Arcillas arenosas con resistividad entre 30 y 100 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$.
- 4) Arcillas con resistividad entre 2 y 20 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$.

La otra diferenciación, en función de las variaciones laterales de resistividad encontradas dentro de cada grupo litológico, nos define las variaciones tanto en la proporción de contenidos en las distintas litologías como en las características geotécnicas de las mismas. En la Figura 7 presentamos los resultados de la interpretación mediante programa comercial del SEV 1 (TACH1)

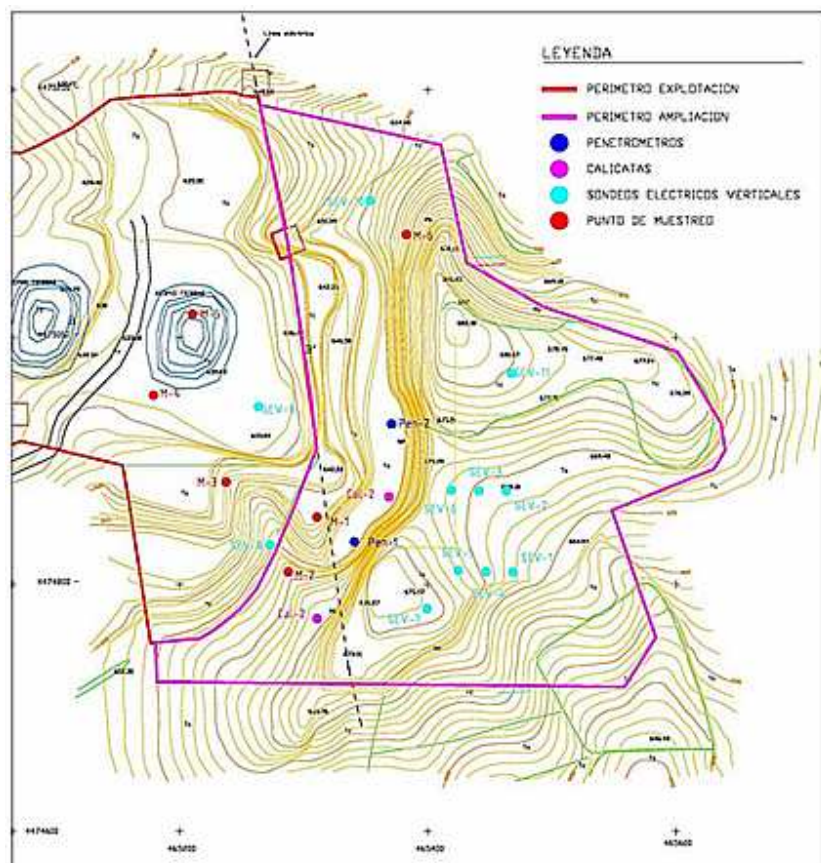


Figura 6: Plano de situación de los trabajos realizados

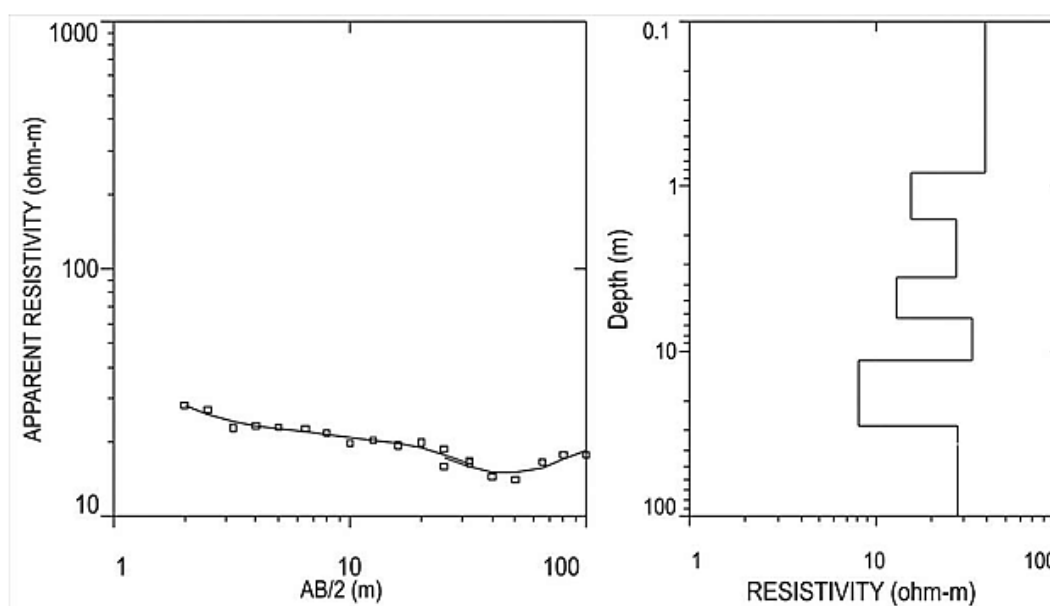


Figura 7: Interpretación del SEV1 (TACH1)

3.2.- Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizaron por el Laboratorio de Prospección acreditado como Laboratorio de ensayos según el Área de Acreditación GTL.b+c3 (Ensayos de Laboratorio de Geotecnia. Ensayos Básicos y Complementario Tercero), con N° en el Registro General: 03034 GTL05. (B.O.E n° 243 publicado el martes 11 de octubre de 2005).

En la tabla 2 se muestra de forma esquemática los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre la muestra tomada. Con ellos se pretende completar las propiedades geotécnicas del terreno en la zona de estudio.

Tabla 2: Extracto de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio

PARÁMETRO	VALOR
Humedad (%)	16,63 - 16,90
Densidad seca (g/cm ³)	1,50 - 1,76
Límite líquido	42,74 – 53,40
Límite plástico	27,14 - 31,46
Índice de plasticidad	11,28 – 26,26
Clasificación	A-7 (Índ. Grupo: 17) ó CH A-7 (Índ. Grupo: 9) ó MI
SO ₃ (mg/kg)	N. P. – 29,38

3.3.- Reconocimientos de Visu

A partir de la excavación realizada en el terreno investigado, se han diferenciado 5 niveles litológicos. Las profundidades a las que se han localizado estos niveles se describen a continuación a modo de ejemplo presentamos en la tabla 3 los resultados de la Cata C-1:

Tabla 3: Resultados Cata C-1

LEVANTAMIENTO DE VISU C-1		
Nivel Litológico	Profundidad (m)	Descripción
NIVEL 1	0 – 0,30 m	Suelo arcilloso con mucha Materia Orgánica
NIVEL 2	0,30 – 0,70 m	Arcillas rojas masivas
NIVEL 3	0,70 – 1,3 m	Arcillas Gris-verdosa tableadas
NIVEL 4	1,3 – 1,9 m	Arcillas rojas masivas
NIVEL 5	1,9 – 2,4 m	Arcillas gris verdosas masivas

3.4.- Ensayos de Penetración Dinámica

Si tenemos en cuenta los valores de golpeo del penetrómetro, y tomamos un criterio de homogeneidad interna en cada nivel y diferenciación con los adyacentes, se pueden establecer los niveles geotécnicos del cual presentamos, en la tabla 4, los datos del penetrómetro 2.

Tabla 4: Niveles geotécnicos obtenidos en el ensayo de penetración

PENETROMETRO 2			
Nivel Geotécnico	Profundidad (m)	Valores N_b medios	Descripción
N-1	0,0 – 0,4	5	Suelo orgánico. Eliminar
N-2	0,4 – 0,8	16	Arcillas rojas masivas
N-3	0,8 – 1,4	29	Arcillas gris-verdosa tableadas
N-4	1,6 – 9,2	20	Alternancias de arcillas gris verdosas y arcillas rojas masivas
N-5	9,2 – 10,0	51	Material competente (Yesos)

3.5.- Unidades Geotécnicas Diferenciadas

A partir de los trabajos realizados en el terreno y los ensayos de laboratorio, se han diferenciado atendiendo a su litología y características geotécnicas, los siguientes niveles:

- U.G.1: Suelo arcilloso con mucha Materia Orgánica. De nula resistencia que no es válido como cimentación. Es necesaria su eliminación.
- U.G.2: Arcillas rojas masivas. Con capacidades portantes pequeñas. Resistencias mínimas alrededor de 2 kp/cm^2 . Para estructuras livianas podría servir de apoyo pero con deformaciones elevadas, estructuras rígidas para evitar agrietamientos.
- U.G.3: Arcillas gris-verdosa tableadas. Es la capa competente pero de espesor pequeño, no podría ser nunca la unidad geotécnica de apoyo de las cimentaciones, aunque en estructuras livianas ayudaría a la U.G. 2.
- U.G.4: Arcillas gris verdosas. Con capacidades portantes pequeñas. Resistencias mínimas alrededor de 2 kp/cm^2 . Se alternan con la U.G. 2. Para estructuras livianas podría servir de apoyo pero con deformaciones elevadas, estructuras rígidas para evitar agrietamientos. Sería necesario pensar en pilotaje para una estructura habitual.
- U.G.5: Material competente (Yesos). En una cimentación mediante pilotes sería la capa a alcanzar con la punta de los pilotes y transmitir la carga de la estructura. Puede aparecer a mayor profundidad de la conveniente, obligando a realizar pilotes flotantes.

3.6.- Nivel Freático

No se ha detectado la presencia de agua libre ni en la realización del ensayo de penetración, ni en la perforación para extracción de muestras, ni en las calicatas analizadas.

3.7.- Carga Admisible

La carga admisible del terreno suponiendo la cimentación superficial mediante zapatas pozo, se ha estimado a partir de los valores de golpeo obtenidos en el ensayo de penetración dinámica.

Calculando la tensión admisible, en función de los resultados de penetración dinámica, mediante la fórmula de Sanglerat, que es independiente del ancho de la zapata.

Calculamos la resistencia dinámica en punta, R_d , según la fórmula Holandesa de Inca. Se obtiene la tensión admisible, q_{adm} , independiente del ancho de la cimentación, mediante la fórmula empírica de Sanglerat, tomando el valor medio en un intervalo de 1 metro.

En la Tabla 5 se puede ver los resultados del Penetrómetro P-2

Tabla 5: Penetrómetro 2

UNIDADES GEOTECNICAS	PROFUNDIDAD	Nº de GOLPES	q_{adm}	
			MPa	kp/cm ²
U.G.1	0,20	4	0,07	0,72
U.G.1	0,40	5	0,09	0,91
U.G.2	0,60	10	0,18	1,81
UNIDADES GEOTECNICAS	PROFUNDIDAD	Nº de GOLPES	q_{adm}	
			MPa	kp/cm ²
U.G.2	0,80	22	0,39	3,98
U.G.3	1,00	27	0,44	4,50
U.G.3	1,20	38	0,62	6,34
U.G.3	1,40	23	0,38	3,83
U.G.4	1,60	22	0,36	3,67
U.G.4	1,80	22	0,36	3,67
U.G.4	2,00	24	0,36	3,71
U.G.4	2,20	21	0,32	3,24
U.G.4	2,40	20	0,30	3,09
U.G.4	2,60	22	0,33	3,40
U.G.4	2,80	21	0,32	3,24
U.G.4	3,00	20	0,28	2,88
U.G.4	3,20	18	0,25	2,59
U.G.4	3,40	22	0,31	3,17

Tabla 5: Penetrómetro 2 (Continuación)

UNIDADES GEOTECNICAS	PROFUNDIDAD	Nº de GOLPES	q _{adm}	
			MPa	kp/cm ²
U.G.4	3,60	22	0,31	3,17
U.G.4	3,80	19	0,27	2,73
U.G.4	4,00	17	0,22	2,29
U.G.4	4,20	18	0,24	2,42
U.G.4	4,40	20	0,26	2,69
U.G.4	4,60	26	0,34	3,50
U.G.4	4,80	26	0,34	3,50
U.G.4	5,00	23	0,29	2,91
U.G.4	5,20	22	0,27	2,78
U.G.4	5,40	19	0,24	2,40
U.G.4	5,60	16	0,20	2,02
U.G.4	5,80	17	0,21	2,15
U.G.4	6,00	20	0,23	2,39
U.G.4	6,20	17	0,20	2,03
U.G.4	6,40	18	0,21	2,15
U.G.4	6,60	18	0,21	2,15
U.G.4	6,80	22	0,26	2,63
U.G.4	7,00	20	0,22	2,26
U.G.4	7,20	16	0,18	1,81
U.G.4	7,40	21	0,23	2,37
U.G.4	7,60	19	0,21	2,15
U.G.4	7,80	16	0,18	1,81
U.G.4	8,00	16	0,17	1,71
U.G.4	8,20	17	0,18	1,82
U.G.4	8,40	20	0,21	2,14
U.G.4	8,60	21	0,22	2,25
U.G.4	8,80	23	0,24	2,46
U.G.4	9,00	17	0,17	1,73
U.G.4	9,20	23	0,23	2,34
U.G.5	9,40	34	0,34	3,47
U.G.5	9,60	44	0,44	4,48
U.G.5	9,80	56	0,56	5,71
U.G.5	10,00	71	0,68	6,90

CONCLUSIONES

3.8.- Ensayos geofísicos y muestreo de niveles geoelectricos

Con los resultados de la interpretación de los SEV, se han realizado 4 secciones geoelectricas de las cuales presentamos en la Figura 8 la sección 2.

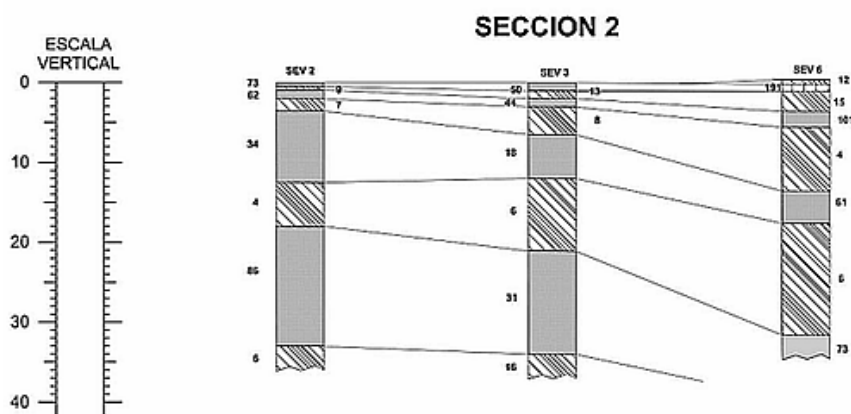


Figura 8: Sección 2. Formada por los SEV 2, 3 y 6

Tabla 6: Distribución de niveles Geoelectricos en Sección 2

		NIVELES GEOELECTRICOS							
SEV		1	2	3	4	5	6	7	8
SEV-2	Res.(Ohm*m)	73	9	62	7	34	3.6	86	6
	Espesor (m)	0.7 7	1	2	3.6	7.2	18	33	
SEV-3	Res.(Ohm*m)	4.8	13.2	44	8	18	6	31	16
	Espesor (m)	0.8	1.7	3.35	6.7	12.3	21.2	33.8	
SEV-6	Res.(Ohm*m)	12	191	15	101	4	61	6	73
	Espesor (m)	0.7	1.1	4	6	14	18	32	

De forma general analizando todos los resultados encontramos cuatro grandes niveles arcillosos cuyo espesor aumenta hacia el Norte, intercalado con niveles arcillo arenosos cuyo desarrollo es mayor hacia el Sur. Los valores arenosos solo alcanzan resistividades de hasta 200 Ohm*m hacia la zona Norte la explotación.

En muchos de los SEV se alcanzan profundidades de unos 35 m por debajo de la cual encontramos un nuevo término arcilloso que seria susceptible de estudios complementarios por medio de Sondeos mecánicos en la zona donde se encuentra el SEV-2.

Si integrásemos toda la información de las secciones en un programa comercial para el cálculo de las reservas podríamos calcular el volumen de material susceptible de explotación. En este caso se muestra el resultado para el tercer nivel de arcillas, por ser el de mayor espesor suficientes datos. La figura 9 muestra la distribución de la potencia de dicho estrato; y en la figura 10 se observa la topografía del muro de dicho nivel.

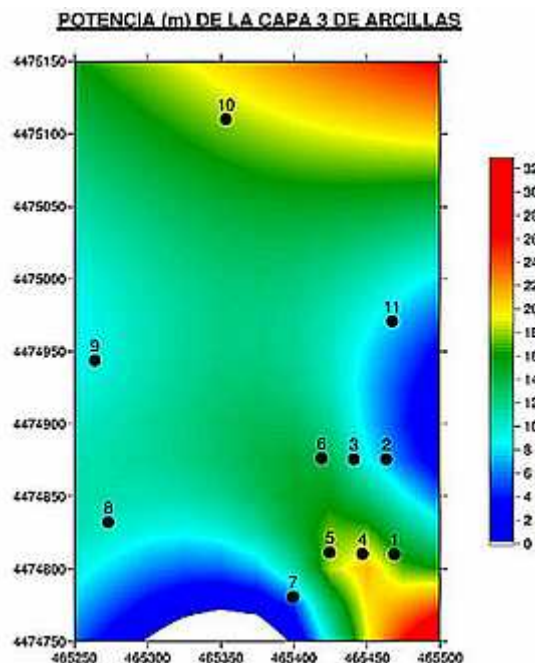


Figura 9: Distribución espacial de la potencia del 3^{er} nivel de arcillas.

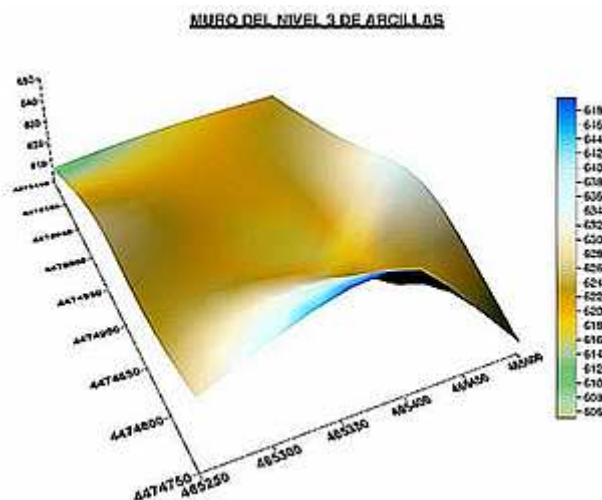


Figura 10: Modelización del muro del 3^{er} nivel de arcillas.

En las figuras se observa el aumento de potencia hacia el norte (colores rojos) así como su buzamiento hacia el noroeste. También se reconoce una anomalía en el extremo inferior derecho; donde el muro sufre un hundimiento brusco y aumenta el espesor.

Posiblemente se trate de una anomalía en la interpolación del programa que, por no disponer de un dato en dicho vértice, provoca resultados erráticos.

Además de la cubicación del recurso debemos valorar la calidad del material mediante los ensayos de laboratorio y comprobar in situ que los valores obtenidos en la campaña

geoeléctrica coinciden con los datos obtenidos en el levantamiento de las columnas y los valores geotécnicos obtenidos.

3.9- Caracterización geotécnica

Dadas las características del terreno y el uso previsto del mismo, cualquier actuación sobre el mismo debería tener en cuenta que U.G.1 debe eliminarse.

La U.G.2 no es apropiada para el apoyo de ninguna cimentación que transmita más de 2 kp/cm² al terreno, para cargas inferiores debería realizarse un estudio más detallado.

La unidad U.G.3 como posee características resistentes más elevadas, pero su pequeña potencia no la hacen apropiada.

La unidad U.G.4 es de características geotécnicas similares a la U.G.2. Si fuera necesario realizar una estructura que transmitiera elevada carga debería realizarse pilotes apoyados en la U.G.5 o realizar pilotes flotantes en la U.G.4.

La U.G.5 dada la geología de la zona, podrían ser formaciones de yesos muy competentes, pero dada su profundidad en la zona de estudio solo sería aplicable en el hipotético caso que se necesitara realizar cimentaciones mediante pilotes, y si así fuera sería necesario un estudio más detallado para asegurar sus características mecánicas y geológicas

3.10.- Conclusiones generales

A la vista de los resultados geofísicos geotécnicos y los ensayos de laboratorio la evaluación del método de estudio parece adecuada. Sistemáticamente el estudio de parámetros dinámicos y estáticos parece la forma más adecuada para obtener la información que da respuesta a la normativa existente en la CAM (ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid) para la apertura o justificación de los recursos mineros existentes en una zona.

Existen algunas situaciones para las que recomendamos estudios complementarios, entre las que diferenciamos:

- Cuando se necesite una caracterización detallada del tipo de arcillas a prospectar recomendamos la realización de Análisis granulométrico por Laser, Calculo de porcentaje de sílice, análisis mineralógico y Análisis químico (DRX)
- Para materiales del tipo U.G.2, y ante la aparición de estructuras livianas (< 2 kp/cm²) debería estudiarse las posible deformaciones que podrían producirse mediante un ensayos edométrico
- Para completar el estudio a profundidades mayores de las afectadas por los penetrómetros y las calicatas, solo cuando los resultados de los SEV lo indiquen, deberían realizarse sondeos mecánicos en las zonas determinadas en los estudios geoeléctricos.

BIBLIOGRAFÍA

Fatoba, J.O.; Alo, J.O. y Fakeye, A.A. (2010). Geoelectric Imaging for Foundation Failure Investigation at Olabisi Onabanjo University (O.O.U.) Minicampus, Ago Iwoye, Southwestern Nigeria. Journal of Applied Sciences Research, 6(12). <http://aensonline.com/jasr/jasr/2010/2192-2198.pdf>. pp. 2192-2198.

IGME. (1972). Magna 50 (2ª Serie): Hoja 5–6/45 Madrid. Instituto Geológico y Minero de España; Colección Mapa Geotécnico General 1:200.000. 34 p. + 1 mapa.

Koefoed, O. (1979). Geosounding Principles, 1: Resistivity Soundig Measurements. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Holanda. xiv + 276 + 11 p.

Kosinski, W.K. y Kelly, W.E. (1981). Geoelectric soundings for predicting aquifer properties. Ground Water. v. 19, no. 2, pp. 163-171.

Lab. Prospección UPM. (2008). Informes privados. Madrid, España.

Lab. Prospección UPM. (2009). Informes privados. Madrid, España.

Okolie, E.C. (2011). Geoelectric investigation of the effect of heavy clay deposits on aquifer potential in Okpara waterside Delta State, Nigeria. Journal of Geology and Mining Research, vol. 3, nº 2. <http://www.academicjournals.org/jgmr. pp. 39-45>.

Portero García, J.M. y Pérez González, A. (1984). Hoja 560 – Alcalá de Henares. Instituto Tecnológico y Geológico de España; Colección MAGNA 50 (2ª serie). 52 p. + 1 mapa.

VV.AA. (2002) LEY 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, nº 154. Madrid, España. pp. 6-27.

ACTIVIDADES DE LA CÁTEDRA EMPRESA ANEFA DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID

Dulce Gómez-Limón Galindo⁽¹⁾, Adolfo Núñez Fernández⁽²⁾, José Luis Parra y Alfaro⁽³⁾

(1) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Ríos Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: dulce.gomezlimon@upm.es.

(2) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Ríos Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: adolfo.nunez.fernandez@upm.es.

(3) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. Calle Ríos Rosas, 21.28003 Madrid. España. E-mail: jose Luis.parra@upm.es

RESUMEN

La Cátedra ANEFA de Tecnología de Áridos, es una de las Cátedras Universidad-Empresa de la E.T.S de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Fue creada hace diez años y está patrocinada por ANEFA (Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos).

Desde su creación se han realizado numerosas actividades, fundamentalmente de formación en materias del sector de los áridos, tanto a los alumnos de los últimos cursos de la Escuela de Minas, como a alumnos de postgrado que quieran una actualización de conocimientos, incorporando los últimos avances tecnológicos. Esta última formación se realiza de forma semipresencial, empleando una plataforma de Internet de la UPM para seguimiento de la enseñanza no presencial.

También se han realizado cursos y jornadas de uno o dos días de duración, en temáticas de actualidad e interés para los profesionales y empresarios del sector. Así como impartición de conferencias en diferentes foros universitarios, profesionales o escolares.

Otra actividad importante es el fomento y apoyo a la investigación dentro del sector de los áridos.

ABSTRACT

The ANEFA Chair of Technology of aggregates, it is one of the University-Company Chairs of the School of Mines of the Polytechnical University of Madrid. It was created ten years ago and it is supported by ANEFA.

From its creation have been realized a lot of activities, training of students of the last courses of mining engineer and postdegree that want to increase the knowledge of the matter, incorporating the last technological advances. This postdegree training is realized of form b-learning, using an internet support of the UPM, that allows the follow-up of the training not presencial.

Also others short courses have been realized, in subject of current and interest for the professionals of the aggregates sector. So as conferences in academic forums.

Another important activity is to promote and support research in the aggregates sector.

Palabras clave: Cátedras Universidad-Empresa, tecnología de áridos, formación, investigación, University-Company Chairs, technology of aggregates, training, researching

INTRODUCCIÓN

Las Cátedras-Empresa son una iniciativa pionera de la Escuela de Minas de Madrid y representan un intento de vincular más estrechamente la docencia y la investigación de la Escuela con las demandas de la industria.

Su objetivo es establecer convenios de colaboración permanente entre la Escuela y las empresas destacadas del entorno industrial. Estos convenios se basan siempre en principios de mutuo beneficio y no en criterios de subvención a fondo perdido o ayudas sin retorno.

Mediante estos convenios que firma el Rector de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y el máximo representante de la empresa, se establecen actividades de interés común tanto docentes, como de investigación o de imagen. La Escuela facilita la selección de alumnos de los últimos cursos a las empresas y éstas pueden aportar una formación complementaria y concreta a estos estudiantes para facilitar su integración en el mercado laboral, en condiciones de alta competitividad.

En cuanto a la investigación, desarrollo e innovación la Escuela facilita personal y medios para llevar a cabo esta actividad, con unos costes muy ventajosos, proyectos conjuntos de interés para la empresa, en temas previamente convenidos.

La Escuela como institución, se beneficia de las aportaciones económicas de las empresas, y sobre todo conoce de cerca las necesidades del tejido industrial y económico. Todo ello dentro del marco de la mejor prestación de servicios a la sociedad, sin perder su propia autonomía y con respeto a la libertad de Cátedra.

Estas Cátedras son instrumentos valiosos de acercamiento entre la Escuela de Minas y las Empresas.

La primera Cátedra-Empresa se formalizó en 1995, con la Cátedra Repsol. Desde el año 1999 la Dirección de la Escuela ha intensificado esta valiosa herramienta de gestión y ordenación académica, existiendo en la actualidad 13 Cátedras-Empresa.

La Cátedra ANEFA de Tecnología de Áridos se creó hace diez años, y está patrocinada por ANEFA (Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos).

Su objetivo principal ha sido y es aumentar la formación de los estudiantes de la Escuela de Minas en el campo de los áridos. El acuerdo de constitución se cumple mediante la realización de cursos y seminarios para alumnos de los dos últimos cursos, favoreciendo la participación de prácticas en empresas y proyectos de fin de carrera en las empresas del sector de los áridos. Por otro lado, existe una bolsa de empleo para los alumnos que han cursado la Cátedra ANEFA, donde los empresarios del sector acuden para la selección de estudiantes.

La UPM extiende a los alumnos que han completado los estudios específicos de la Cátedra ANEFA de tecnología de áridos una certificación de haber cursado con aprovechamiento las materias del programa.

También se pretende establecer líneas de investigación adecuadas para contribuir a la mejora de estos materiales.

Su gestión corresponde a una Comisión de Coordinación de Cátedra, que establece la programación anual y realiza su seguimiento. Desde su comienzo hasta junio de 2008 el Coordinador de la Cátedra fue el profesor Benjamín Calvo Pérez, y desde esa fecha hasta

la actualidad esta labor está siendo desarrollada por la profesora Dulce Gómez-Limón Galindo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades de la Cátedra han ido incrementándose a lo largo de los años. Desde su creación una de las principales actividades ha sido la formación complementaria en materias del sector de los áridos a los alumnos de los últimos cursos de la Escuela de Minas.

También se favorece la posibilidad de becas, participación de prácticas en empresas y desarrollo de proyectos de fin de carrera, otorgándose al final del curso un Premio al mejor Proyecto Fin de Carrera en la temática de los áridos.

Otra actividad implementada en el curso académico 2009-10 es un curso de postgrado en Tecnología de Áridos acreditado por la UPM, pensando en aquellos profesionales que quieran una actualización de conocimientos, incorporando los últimos avances tecnológicos. Esta última formación se realiza de forma semipresencial, empleando el Gabinete de Tele-Educación de la UPM (GATE) como plataforma de Internet de la UPM para seguimiento de la enseñanza no presencial

También se han realizado jornadas de uno o dos días de duración, en temáticas de actualidad e interés para los profesionales y empresarios de un sector actualmente en crisis, y que por lo tanto, se considera un momento clave para mejorar y hacerlo más competitivo. Igualmente se han impartido conjuntamente con ANEFA conferencias en diferentes foros universitarios, profesionales o escolares, y asistencia grupos técnicos de interés.

Otra importante actividad desarrollada desde el comienzo de la Cátedra ANEFA han sido los proyectos de investigación en el sector de los áridos, cuyo objetivo es la mejora de estos materiales y los procesos de tratamiento. Los resultados obtenidos han servido para la realización de Tesis Doctorales, así como divulgación científica en congresos nacionales e internacionales.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se resumen y cuantifican las actividades realizadas y enumeradas en el anterior apartado. Estas son:

FORMACIÓN:

Formación complementaria a las materias de los planes de estudio de las titulaciones oficiales impartidas en Escuela de Minas sobre la tecnología de áridos.

Esta actividad está dirigida a los alumnos de los últimos cursos. Aunque inicialmente tenía una duración de 100h y la actividad docente se realizaba de forma presencial, desde hace dos cursos académicos se desarrolla de forma semipresencial, con una duración de 250h, para el seguimiento de la parte de internet se utiliza la plataforma de la Universidad Politécnica de Madrid (GATE).

El número total de alumnos de la Escuela de Minas que han realizado el curso de la Cátedra ANEFA en los 10 años de actividad docente ha sido de aproximadamente 200 alumnos.

Formación de postgrado: Durante el curso académico 2009-1010 se implantó un curso acreditado por la UPM de Especialista en Tecnología de Áridos (Figura 1).

El programa de formación de este Curso está dirigido fundamentalmente a profesionales relacionados con este campo de la ingeniería, ya que las empresas del sector demandan, cada vez más, técnicos bien cualificados para hacer frente a los nuevos retos tecnológicos. Esto exige una necesidad de perfeccionamiento y reciclaje de los conocimientos.

Este Curso de postgrado de 10 créditos ECTS, equivalente a 250 h, tiene carácter semipresencial (con desarrollo de parte del programa dado de forma presencial y otra por vía Internet). Para ello, la UPM dispone de un Gabinete de Tele-Educación (GATE) que facilita el entorno telecolaborativo y de teleformación necesario para llevar a cabo este proceso formativo. Es posible encontrar información en la Web de la UPM: www.upm.es, en Posgrados propios de la Universidad Politécnica de Madrid (Formación Continua).



Figura 1. Tríptico informativo del Curso de Especialista en Tecnología de Áridos por la UPM

El objetivo general del programa es proporcionar una formación que garantice la capacitación para la supervisión, control y asesoramiento en materia de gestión eficaz en todos los aspectos relacionados con la actividad profesional del sector de los áridos. El contenido del curso se divide en seis Módulos correspondientes a:

Introducción. Geología y Prospección Minera

Explotación

Calidad

Tratamiento de áridos

Seguridad y medio ambiente

Legislación y gestión económica de los procesos productivos

En el curso académico 2009-10 el número de alumnos inscritos fue de 49, y en este curso 2010-11, el número es de 39 alumnos. En total se ha formado a 88 personas.

En el curso participan 20 profesores, entre los que se encuentran profesores de la Escuela de Minas de la UPM, personal de la Administración Pública, profesionales de varias

empresas del sector de los áridos, así como del Laboratorio Oficial de Ensayos de Materiales de Construcción adscrito a la UPM (LOEMCO).

Para obtener el título de Especialista en Tecnología de Áridos por la Universidad Politécnica de Madrid, será necesario haber cumplido el mínimo de presencialidad señalado en la normativa (60%), haber realizado las actividades de internet, y superar las dos evaluaciones presenciales correspondientes a cada bloque.

El contenido completo del Curso de Postgrado (seis módulos) se encuentra a través de internet. Con objeto de adecuarse a las necesidades propias del GATE (Gabinete de Tele-Educación), el programa del Curso de Postgrado se estructura con gran libertad, en forma de pantallas en cascada, que van abriendo de forma guiada las diferentes opciones que existan.

A modo de ejemplo, se ofrecen a continuación una serie de pantallas de un programa del GATE correspondiente al uso de Internet en la enseñanza dentro de la modalidad de no presencial.

Así, una vez se ha entrado en la dirección del GATE que se facilita después de la matriculación, se solicita un nombre de usuario autorizado con la contraseña oportuna; la pantalla que se ofrece al alumno es la que se muestra en la siguiente Figura 2.

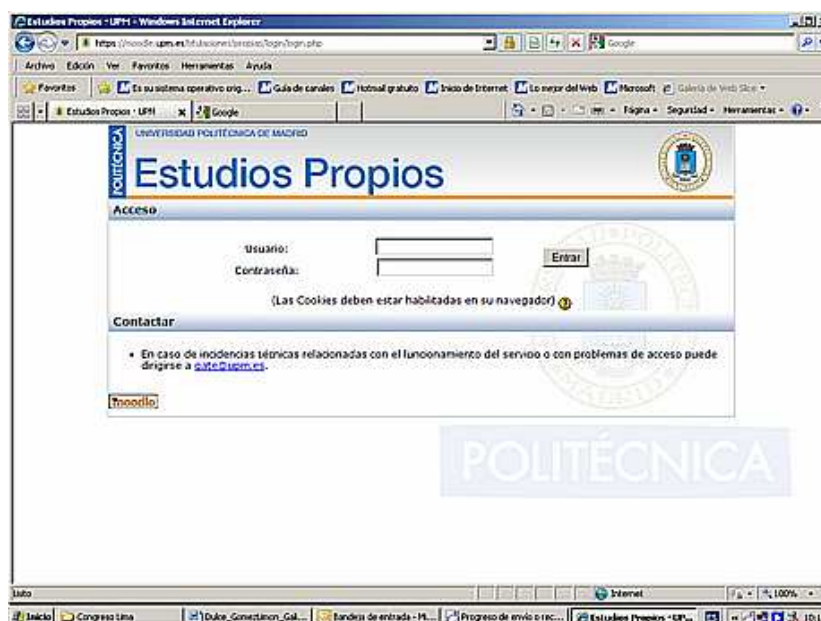


Figura 2. Pantalla de presentación del curso en el GATE

Una vez que se ha insertado la contraseña y el usuario, la pantalla que aparece es la de la Figura 3, donde se muestra la estructura y el calendario del curso, información sobre contactos, presentación de la Cátedra ANEFA, presentación para alumnos, etc.



Figura 3. Pantalla donde se muestra la estructura del curso

Dentro de cada módulo, las opciones que se brindan son muy variadas: foros, tablón de anuncios, ejercicios propuestos por el profesorado, actividades pendientes, seguimiento de las calificaciones obtenidas, relación de alumnos y profesores participantes, material de estudio, documentación adicional, bibliografía, etc.

Para acceder al material de estudio, simplemente hay que pinchar, dentro de cada materia que compone cada uno de los módulos, sobre el título del tema que deseamos descargar. Como documentación adicional, dependiendo de los Módulos, se encuentra información disponible en la Universidad Politécnica de Madrid, que pueden ser libros, DVD, proyectos, etc.

Una vez consultada la documentación principal y adicional, etc., se realizan las actividades del Módulo, que aparecen por debajo del apartado de la documentación.

Para acceder a los Estudios de Postgrado realizados por la U.P.M. será condición necesaria estar en posesión de un título universitario (Arquitecto, Ingeniero, Licenciado, Arquitecto Técnico, Ingeniero Técnico o Diplomado), quedando a cargo de la dirección del curso la selección de los candidatos de acuerdo con los conocimientos y experiencia de cada uno.

Jornadas de Formación de uno o dos días de duración.

Otra de las nuevas actividades iniciadas por la Cátedra ANEFA es la impartición de cursos y jornadas de uno o dos días de duración, en temáticas de actualidad e interés para los profesionales y empresarios del sector, especialmente en este momento de grave crisis, donde se han producido reducciones de producción de áridos en España de hasta el 50%.

Se han celebrado tres cursos con las siguientes temáticas: "Eficiencia Energética en el sector de los Áridos" y dos sobre "Gestión Empresarial y Ahorro de Costes de las

Explotaciones de Áridos”. En ambos el número de asistentes estuvo próximo a 60 personas.

Su objetivo es orientar a los empresarios y profesionales del sector de los áridos tanto en la mejora de la eficiencia energética y ahorro de costes de las explotaciones, como en los aspectos de gestión económica y empresarial del sector de los áridos. Todos estos cursos han tenido una gran acogida con un gran número de inscritos, entre 50 y 70 personas.



Figura 4. Catálogos de Jornadas de Formación para profesionales y empresarios de áridos

INVESTIGACIÓN:

Financiación y desarrollo de Proyectos de Investigación.

Se han desarrollado un total de 8 Proyectos de Investigación coordinados por profesores de la Escuela de Ingenieros de Minas en temas de aplicación e interés para el sector de los áridos. Estos son:

Ampliación del proyecto “Análisis y prevención de la reactividad árido-álcali para la evaluación de la durabilidad de los hormigones”. Dirigido por el profesor Benjamín Calvo.

Racionalización de los husos granulométricos de áridos y sus aplicaciones. Dirigido por el profesor Mariano Ricardo Echevarría.

Investigación de un modelo de desarrollo sostenible para el sector de áridos en España. Dirigido por el profesor José Antonio Botín.

Estudio prenормativo de áridos reciclados para la fabricación de hormigón y mortero. Dirigido por el profesor José Luis Parra y Alfaro.

Determinación del consumo de acero en plantas de producción de áridos. Dirigido por el profesor Adolfo Nuñez.

Análisis y prevención de la reactividad árido-álcali para la evaluación de la durabilidad de los hormigones. Dirigido por el profesor Benjamín Calvo.

Determinación del consumo de acero en plantas de producción de áridos. Dirigido por el profesor Adolfo Nuñez.

Estudio de un modelo matemático del desgaste de acero en equipos de trituración de Sandvik. Codirigido por el profesor Adolfo Nuñez y Dulce Gómez-Limón.

En la actualidad se está desarrollando in situ en una instalación minera, conjuntamente con la Cátedra Maxam de Tecnología de explosivos, un proyecto para optimizar la trituración primaria de áridos por determinación de las curvas granulométricas en la etapa de voladura por métodos de tratamiento de imágenes.

Estos proyectos han servido para desarrollar numerosos Proyectos Fin de Carrera, Trabajos tutelados de investigación doctoral, así como dos Tesis Doctorales, y otra en elaboración.

Tanto los resultados obtenidos en estos proyectos de investigación como las actividades de la Cátedra ANEFA han sido divulgados en diversos Congresos del sector minero y de áridos de carácter nacional o internacional, donde se han presentado tanto, como los resultados realizados. Estos son:

- 1er Congreso Nacional de Áridos. Zaragoza (España), año 2006. 2 comunicaciones.
- XII Congreso Internacional de Energía y recursos Minerales. Oviedo (España), año 2007. 2 comunicaciones.
- 1er Congreso Argentino de Áridos. Mar de Plata (Argentina), año 2008. 3 comunicaciones.
- 2º Congreso Nacional de Áridos. Valencia (España), año 2009. 2 posters y 4 comunicaciones.
- VIII Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Lima, Perú. Agosto de 2010. 2 comunicaciones.

OTRAS ACTIVIDADES:

Participación de la coordinadora y secretario de la Cátedra ANEFA como evaluadores de los Comités Técnicos del 2º y 3er Congreso Nacional de Áridos.

Asistencia de la coordinadora a los Comités de Imagen de ANEFA.

Visita de prácticas del curso a:

Gravera El Puente (Aranjuez) de HOLCIM.

Cantera de HANSON en Valdilecha. (Madrid) (Fotografía 1).



Fotografía 1. Visita a cantera en Valdilecha (Madrid) de alumnos del curso de postgrado

CONCLUSIONES

Durante los 10 años de vida de la Cátedra ANEFA se han realizado numerosas actividades que han resultado favorables tanto para las empresas del sector de áridos como para la E.T.S. de Ingenieros de Minas de la UPM.

Sus actividades están orientadas fundamentalmente a formación e investigación en el sector de los áridos.

Un total de cerca de 200 estudiantes de los últimos cursos de las titulaciones impartidas en la Escuela de Ingenieros de Minas han obtenido el diploma acreditativo de la Cátedra, y de ellos, aproximadamente el 20% ha tenido su primer empleo en empresas del sector de los áridos.

También, se ha implementado un curso de postgrado de la UPM en Tecnología de Áridos, con carácter semipresencial, donde parte de la metodología docente se desarrolla vía Internet. El número de estudiantes matriculados en postgrado en los dos cursos académicos impartidos ha sido de un total de 88.

Además, se han realizado cursos cortos en temas de interés para estos momentos de crisis del sector.

Respecto a la investigación desarrollada, se han realizado 8 proyectos de investigación dirigidos por profesores de la Escuela de Minas. Los resultados se han difundido en Congresos nacionales e internacionales relacionados con el sector.

Actualmente se está implementado un estudio piloto en una instalación real en colaboración con otra Cátedra-empresa de la Escuela de Minas (Cátedra MAXAM de Tecnología de Explosivos). Esto ha facilitado la elaboración de numerosos Proyectos Fin de Carrera, así como Trabajos Tutelados de Doctorado y Tesis Doctorales.

BIBLIOGRAFÍA

Memoria de Actividades Cátedra ANEFA, curso 2007-2008, curso 2008-2009 y curso 2009-10. E.T.S. de Ingenieros de Minas. Disponibles en la Web de la UPM: <http://www.upm.es/portal/site/institucional/menuitem.e29ff8272ddfb41943a75910dffb46a8/?vgnextoid=59aee0b825a92110VgnVCM100000fdbf648aRCRD>

Normativa de la Universidad Politécnica de Madrid por la que se regulan los estudios de postgrado, (Diciembre 1997).

Web Universidad Politécnica de Madrid: <http://www.upm.es>

Web Universidad Politécnica de Madrid: <https://moodle.upm.es/titulaciones/propias/>

Web ETS de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid: <http://ww2.minas.upm.es/catedra-anefa/Pagina-principal.htm>

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES Y PROCESOS EN EL MANTENIMIENTO DE UNA SECCIÓN DE AUTOPISTA EN ESPAÑA

Eva Martínez Caraballo⁽¹⁾, Ignacio Redruello Almandoz⁽²⁾ y Justo García Navarro⁽³⁾

(1)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: emcaraballo@yahoo.com

(2)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: nacho.redruello@gmail.com

(3)Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. Madrid. España. E-mail: justo.gnavarro@upm.es

RESUMEN

La evaluación energética de una autopista nos lleva a conclusiones muy interesantes sobre la importancia del correcto uso de materiales y procesos en todo su ciclo de vida. Varios estudios afirman que la etapa de mantenimiento es la que gasta más energía. (Stripple, H. 1993 y Thenoux, G *et al.* 2006) Este estudio llega a cuantificar la energía consumida en los materiales y procesos, usando un ejemplo de una unidad de dos carriles de autopista, en la fase de mantenimiento.

Para realizar el estudio, se ha definido un escenario tipo, con valores medios para España. Al tener un autopista un sistema tan complejo, se ha dividido en unidades funcionales UF, con un grado menor de complejidad y con similares características morfológicas y energéticas.

Para este estudio se ha elegido la UF con mayor repercusión energética por su mayor uso en una autopista, el tronco. Formada por dos carriles por sentido, con 10m de ancho de firme y un kilómetro de medida de longitud.

El objetivo es conocer el consumo energético asociado a todos los materiales y las acciones debidas al mantenimiento y conservación de una autopista, en toda la vida útil de la infraestructura, que se estima y se justifica en 50 años.

Los resultados del estudio son bastante claros, sólo hay dos capítulos con un peso elevado en el consumo energético: iluminación con un 17% y con un porcentaje mayoritario, las reposiciones de firmes 78%. El resto de capítulos tienen un porcentaje inferior a 2%.

ABSTRACT

The energetic evaluation of a highway leads to some interesting conclusions about the impact of proper use of materials and processes throughout their lifecycle. Several studies claim that the maintenance phase has the most energy consumption. (Stripple, H. 1993 and Thenoux, G. *et al.* 2006). This study reaches the quantification of the energy consumed in the materials and processes during the maintenance phase, using an example of a two-lane highway unit.

For the study, we have defined a scenario, with average values for Spain. Knowing that a highway is a complex system, it has been divided in small pieces called Functional Units, with a lower degree of complexity and with the same morphological and energetic characteristics.

For this study, we have chosen the UF with more energy implication of the highway. It is formed with two lanes for each direction, 10 m wide and one kilometer as the measure of length.

The final aim is to determine the energy associated with the materials and maintenance actions of a highway in the entire life of an infrastructure, estimated and justified in 50 years.

The study results are fairly clear; there are two chapters with the high energy influence: lighting 17% and with a majority, pavement rehabilitation 78%. The remaining chapters have a ratio below 2%.

Palabras clave: Eficiencia energética, autopista, acv, mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Suscitada por la noticia del cambio climático y un gran aumento del precio de los recursos de origen fósil, las llamas del debate están en su apogeo. ¿Cómo se debe manejar las necesidades de energía? Por ello se estima necesaria la emergente necesidad en todos los campos del ciclo de la energía (desde producción a consumo) de una reducción del consumo energético, asociado a una eficiencia energética de los materiales y procesos, no la supresión de los mismos.

En este proceso, lo primero que se debe hacer es conocer el balance energético real en todos los sectores de la sociedad.

La energía consumida en el transporte en Europa es el 33% del consumo energético total. Según la comisión europea, el sector del transporte es el que tiene un mayor potencial de ahorro energético, además del ahorro de emisiones de CO₂eq. Según la Agencia Internacional de la Energía, AIE, la eficiencia energética es el principal instrumento para frenar las emisiones de CO₂, por encima de la generación de energía con recursos renovables.

Tabla 1. Ministerio de industria, turismo y comercio. La energía en España 2009.

Balance Energético de la Unión Europea		
Consumo final por sectores	Mtep	
Industria	322,9	28%
Transporte	377,3	33%
Doméstico	284,6	25%
Servicios y otros	173	15%
TOTAL	1158	

En España el porcentaje es aún mayor, hasta el 38,8% en 2009.

De todo esto surge la importancia del cálculo numérico de la energía de una autopista y con ello la evaluación del ciclo de vida de las mismas. Este estudio se lleva a cabo como una herramienta de evaluación del impacto ambiental para conocer los impactos de la "cuna a la tumba" (Baumann y Tillman, 2003). Se han estudiado todas las fases del ciclo de vida (García Navarro, J. *et al.* 2010). Sin embargo, para este trabajo solo se incluye la fase de mantenimiento con el estudio energético de sus procesos y de los materiales necesarios.

Se sabe que es la etapa con mayor consumo energético (Stripple, H. 1993 and Thenoux, G et al.2006) con una duración estimada de 50 años.

Se ha realizado la evaluación de un kilometro tipo de tronco de autopista llano, dos carriles e iluminación artificial, que es una de las unidades funcionales con más distancia total en recorrido.

El consumo se obtiene a partir de la energía secundaria. Una vez calculada ésta, si se quiere obtener la energía primaria consumida, hay que realizar unos coeficientes de transformación de ambas energías.

Del impacto energético del transporte en el contexto del sector europeo, las infraestructuras son un porcentaje pequeño, pero nada despreciable en valores absolutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo

El objetivo principal de este estudio es la evaluación y cálculo del consumo energético de todos los materiales y procesos que forman parte de la etapa de mantenimiento del ciclo de vida de una autopista. Mediante esta cuantificación energética se podrán establecer criterios de sostenibilidad que puedan ser aplicados en el desarrollo de este tipo de infraestructuras. Y sobre todo, aplicar medidas de disminución de este consumo mediante el cambio de materiales, el uso de otros procesos y el reciclaje en todas las etapas.

Esta metodología se plantea desde un punto de vista innovador, al basarse en el cálculo del balance energético de la autopista en sí misma y de todos los elementos que intervienen, en toda su dimensión y alcance.

La metodología se apoya en tres aspectos básicos desde los que afrontar el estudio en toda su complejidad. Son los siguientes: La consideración tanto de la energía consumida en el proceso (ex-energía), como la producida mediante energías renovables en el ámbito de la autopista (in-energía) (Gonzalez Diaz, M.J. et al.2009), o la energía teórica que se obtiene mediante el reciclado de todos los residuos en todas las etapas, pero más concretamente en la fase de desmantelamiento. Estas infraestructuras, por lo general son consumidoras de energía, pero también es posible producir energía mediante energía renovable en emplazamientos pertenecientes a la carretera, mediante la revalorización de los residuos, etc.

Al ser un sistema complejo, es necesaria su descomposición en pequeños subsistemas o productos que faciliten la aplicación de esta metodología y que llegue a ser una herramienta de fácil acceso. Estas partes se llaman Unidades Funcionales (UF). El objetivo de esta división es conseguir un análisis y comparación, en busca de la mejor combinación de materiales y procesos, desde un punto de vista energético. Esta descomposición se realizará mediante la definición de la clasificación determinada de Escenarios y Unidades Funcionales, que se desarrolla más adelante.

La metodología utilizada se basa en la metodología estándar del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y se ha realizado de acuerdo a la norma ISO 14040. Ello permite el análisis, diagnóstico y propuestas de mejora globales de productos, procesos y servicios asociados a la autopista. Está siendo aplicada para el estudio y valoración de muchos y diversos sistemas e intenta reducir el impacto del sistema estudiado sobre el medio, y su aplicación a una infraestructura como la autopista es una novedad (García Navarro, J. et al. 2010).

METODOLOGIA

La investigación se ha realizado siguiendo la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (Azapagic, A. 1999), como una herramienta para analizar una infraestructura, basada en la UNE ISO 14040. Esta metodología identifica los puntos críticos de cada una de las etapas y subsistemas que constituyen el proceso global productivo.

Una visión general de un ciclo de vida de una autopista se compone de las fases de 1º_construcción, 2º_mantenimiento y 3º_deconstrucción. La fase final de una autopista es especialmente problemática. La mayoría de las carreteras no tienen un final definido en el tiempo. Al contrario, son rehabilitadas, reconstruidas o reemplazadas por una nueva carretera, mientras que la antigua carretera permanece operando. Normalmente se incluye en la fase de mantenimiento pero para este estudio se ha incluido la deconstrucción total de toda la infraestructura, para dejar el escenario igual que estaba antes de la autopista y ser fieles a la metodología escogida (Santero, N. *et al.* 2010)

Las tres fases del ciclo de vida se han estructurado en capítulos enfocados al estudio de generación y consumo de energía basados en la utilización de materiales, generación de residuos, transporte, puesta en obra y utilización de combustible. Estos capítulos se han distribuido de manera similar en las tres fases del ciclo de vida para su futura comparación entre ellos. Es importante esta comparación entre fases por capítulos para establecer posibles vínculos entre ellos y entre las fases. Esto se logra al establecer todos los capítulos tanto de obra como de conservación y mantenimiento en todas las fases.

Los capítulos de las fases de construcción y deconstrucción son similares. En mantenimiento ocurre lo mismo, añadiendo el factor periodo de tiempo, donde se incluye la duración del ACV.

Definición de escenarios

Conforme a los criterios anteriormente descritos, en el desarrollo del índice se ha establecido en primer lugar la diferencia entre escenarios, E y unidades funcionales, UF. Los escenarios constituyen lo que es inamovible en la autopista estudiada. Estas variables están determinadas por la ubicación y condicionantes de localización y funcionamiento de la infraestructura.

El conjunto de estas variables son consideradas como el escenario donde transcurre todo el ciclo de vida de la autopista, siendo muy importante la correcta determinación de todas las variables para un correcto análisis y comparación entre diferentes autopistas. Las variables a estudiar son la orografía del terreno, la altitud (>1.200m), la geología del terreno, las condiciones climáticas, la intensidad y tipo de tráfico, las normativas a aplicar y el grado de mantenimiento exigido.

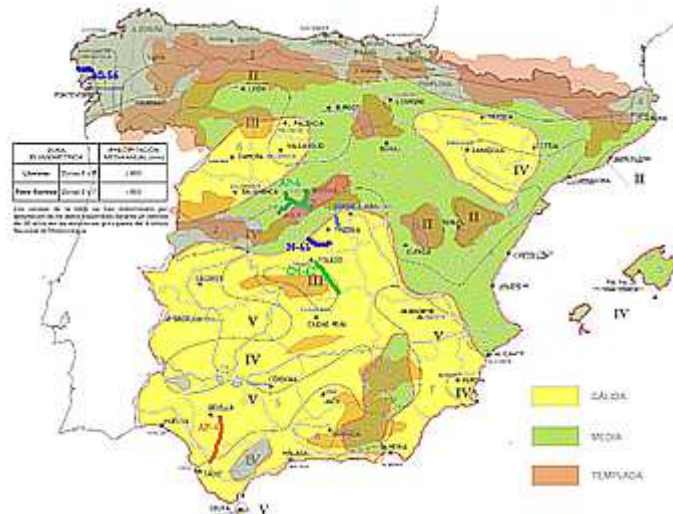


Figura 1: Escenario: Altitud >1200m, pluviometría, climatología estival y zonas climáticas de las 6 autopistas analizadas.

Formación de unidades funcionales (uf)

La Norma ISO 14040 define unidad funcional como la “cuantificación de la función de un sistema del producto, servicio o actividad, que se utiliza como unidad de referencia en el estudio de ACV”. [2] En este estudio, una Unidad Funcional “UF” es cada uno de los elementos unitarios, seriados y repetibles en los que se ha despiezado la autopista, y a cada uno de los cuales se asocia un consumo energético. Estos elementos formarían parte de la decisión de diseño de la autopista, son por tanto seleccionables y decididos entre diferentes alternativas. La autopista vendrá definida por la acumulación y organización integrada de unidades funcionales.

En el caso de la autopista, las unidades funcionales se basan únicamente en su diseño geométrico, no en los materiales a usar. Estos se estudian como variables de las unidades funcionales. Sumando las UF definidas se podría componer cualquier autopista (incluyendo accesos, playas de peaje, edificio de control, túneles, puentes) que actualmente existe.

El modelo se ha realizado sobre la Unidad Funcional UF.C2.i, definida de la siguiente manera: tramo de AUTOPISTA de 1 km de longitud, en terreno llano, con firme semirrígido, para tránsito T00 (sección 0032), con iluminación. Su descripción ha sido extraída de las mediciones tipo de ingeniería civil que se incluyen en la base de datos BEDEC.

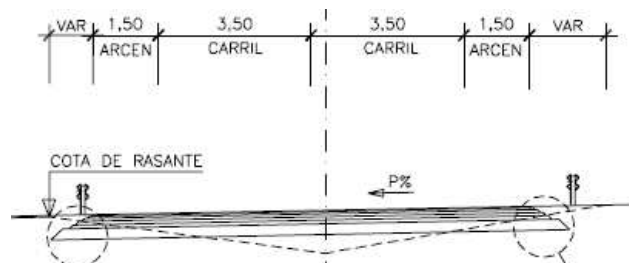


Figura 2. Sección transversal tipo de UFC2

Determinación de duracion fase mantenimiento

La fase de mantenimiento tiene una duración en el tiempo, que se estima en función del capítulo de obra que más desgaste sufre, el firme sobre el que ruedan los vehículos. Según la norma española 6.1-Ic "Secciones de firme", se define vida útil del firme como el período de tiempo en el que el firme (o la capa del firme considerada) no presenta una degradación estructural generalizada. La necesidad de una rehabilitación estructural generalizada se planteará si concurre alguna de las circunstancias siguientes:

1. Agotamiento estructural del firme.
2. Previsión de crecimiento importante de la intensidad de tráfico pesado.
3. Gastos excesivos de conservación ordinaria.
4. Afección significativa a la vialidad de las actuaciones de conservación ordinaria.

El estudio se centra en el análisis de la infraestructura viaria de autopistas en régimen de concesión, que según los pliegos de condiciones determinan un periodo concreto de concesión diferente por cada proyecto. En la mayoría de las concesiones actualmente gestionadas en España, la duración de la concesión está entre 30-35 años. Según estos pliegos, normalmente hay unas bonificaciones en años de duración de la concesión según aproximadamente 35 indicadores de calidad de servicio. Con estos datos, la duración de la fase de mantenimiento está asegurada en al menos 35 años, en los que la infraestructura se encuentra en perfecto estado y dentro de unos parámetros generales y particulares altamente controlados. Se estima según el programa de gestión de firmes GEFIREX (está implantado en numerosas diputaciones y comunidades de España y está basado en modelos de predicción del HDM-IV), que el mantenimiento estructural del firme con los parámetros de una concesionaria se determinan en al menos 50 años para los 8 tipos diferentes de firme según la norma española PG-3, siguiendo una gestión de mantenimiento del firme adecuado, con rehabilitaciones periódicas de la capa de rodadura. En estos 50 años de vida útil se puede prever el crecimiento de la intensidad de tráfico según diferentes programas homologados de previsión de tráfico (los utilizados por los proyectistas para los concursos de concesiones).

La conservación ordinaria se mantiene hasta los 50 años casi como una constante, manteniendo una afección muy controlada a la vialidad y con unos costes de conservación previsibles y contenidos.

Según Stripple (1993), la duración de la fase de mantenimiento en un Kilómetro tipo de carretera en Suecia es de 40 años. Teniendo en cuenta los condicionantes climáticos y de desgaste de la estructura con los tratamientos de vialidad invernal, así como el menor nivel de exigencia en los indicadores de calidad ya que el estudio se centra en carreteras y no en autopistas o autovías con indicadores de calidad de la infraestructura muy controlados, se valora como válido la trasposición de 40 a 50 años en la ubicación de España.

Estructura por capítulos

Las tres fases de ciclo de vida se dividen en los mismos capítulos de obra, muy similares a los capítulos de un presupuesto tipo, que se incrementan en uno más, (vialidad) para la fase de mantenimiento.

En la fase de mantenimiento, las unidades no son las de obra, sino las mediciones obtenidas por las empresas concesionarias en el uso de las instalaciones.

Mientras que en la fase de construcción y deconstrucción, el consumo energético de la UF se obtiene mediante un sumatorio de partidas con mediciones de obra, en esta fase el cálculo de la energía asociada a las labores de mantenimiento es de más difícil elaboración, pues no todos los consumos pueden ser asociados de forma lineal a cada unidad de obra. Se incluyen en este capítulo gastos variables en función de los periodos de mantenimiento, reparación y/o reposición. Por ejemplo, consumo anual de gasoil de la maquinaria en la siega de todos los taludes, medianas y terciadas, metros cuadrados anuales de rehabilitación de firmes, metros lineales pintados, limpieza de calzada, etc.

La estructura por capítulos es la siguiente: (MT) movimiento de tierras, (CMC) Cimientos y muros de contención, (FP) firmes y pavimentos, (PS) protecciones y señalización, (DSC) drenajes, saneamiento y canalizaciones, (ILU) iluminación, (VIA) vialidad y (JAR) jardinería.

Inventario

La toma de datos es fundamental para la elaboración del modelo y la verificación de éste. Los datos obtenidos del análisis se han comparado, teniendo en cuenta las diferentes variables del escenario, obteniendo datos ponderables del uso y mantenimiento en varios años consecutivos en tres ejemplos y de un solo año en los otros tres.

Se han obtenido datos relacionados con el mantenimiento de 6 autopistas españolas, facilitados por las empresas concesionarias. Estas son: M-12, AP-6, M-45, CM-42, AG-56 Y AP-4. En el gráfico [01] se pueden observar las similitudes de escenarios entre las distintas autopistas como la AP-4, M-12, M-45 y CM-42. La autopista AP-6 tiene un escenario diferente, de montaña, con más probabilidad de nieve y menor calor en verano. La autopista AG-56 tiene un escenario típico de costa del Norte de España, muy húmeda, veranos templados y con escasa probabilidad de nieve.

El escenario y las variables que lo definen son importantes en la variación de las mediciones de las tomas de datos reales tomadas en origen, ya que las variaciones en algunas partidas son considerables, en otras partidas son totalmente inapreciables.

Por lo que para obtener unos valores medios de la UF C2, se ha basado en un escenario común de las autopistas que rodean Madrid y de la AP-4 en Sevilla. Para validar datos de las otras 2 autopistas se ha realizado una ponderación por comparativa de datos.

En las 6 autopistas estudiadas, el nivel de detalle de los datos aportados por las concesionarias es muy dispar. La autopista con mayor detalle en la toma de datos es la M-12 Eje Aeropuerto, en la que se detalla la maquinaria usada en cada caso, las horas utilizadas para cada acción de mantenimiento, el consumo eléctrico por centro de transformación, las horas de iluminación artificial /año, y el consumo de combustible para algunas actuaciones como los vehículos de mantenimiento, la limpieza y siega. Por el contrario, otras concesionarias con distinta gestión, con mayor porcentaje de subcontratas en el mantenimiento, sólo han aportado datos de consumos eléctricos, y de consumos de vehículos de mantenimiento de señalización horizontal.

Los datos extraídos son procesados junto con la base de datos del ITEC- BEDEC, para determinadas actuaciones, como la gestión de firmes y mantenimiento de la infraestructura, en otras actuaciones está determinado el balance energético según las mediciones extraídas de las 6 autopistas y elaborado directamente. Los datos obtenidos se expresan en unidades que han sido elegidas en base a una aplicabilidad en el análisis de consumos energéticos.

El balance energético se toma como la energía que se emplea en las acciones de mantenimiento para cada partida.

El consumo energético de estas acciones se determina por el consumo de combustible (generalmente fuel) tanto de los vehículos de transporte como de la maquinaria en uso, incluyendo la energía embebida de la fabricación y transporte.

La medición de energía eléctrica se basa en la energía consumida en destino, a partir de las mediciones de los centros de control de las autopistas, no teniendo en cuenta la energía degradada de los procesos de transformación.

El contenido de energía en el combustible para la combustión se basa en el poder calorífico y en el consumo energético derivado de la extracción, fabricación y transporte del mismo.

Para los vehículos de mantenimiento y vehículos de carga, se supone que la operación ha tenido lugar mediante un motor diesel moderno, según modelos aportados por las concesionarias. El consumo de dichos vehículos se establece a partir de las tablas del consumo de vehículos del IDAE. Esto genera menores emisiones y bajo consumo de energía en comparación a un vehículo más antiguo y menos eficiente en las condiciones actuales.

El capítulo de MOVIMIENTO DE TIERRAS_MT supone muy poca energía respecto el total de la fase de mantenimiento, no llega a un 1%. Se ha dividido en dos partidas, de las que se han obtenido datos de las autopistas M-12, AP-4 y AG-56. La primera partida trata sobre revisiones e inspecciones visuales; en las autopistas se realizan inspecciones visuales conjuntamente para varios elementos, como estructuras, firmes, taludes, etc. La toma de datos de estas inspecciones se han generado a partir de los litros de combustible diesel de los vehículos de mantenimiento en una autopista. Este consumo se ha distribuido en todas las partidas de revisiones de mantenimiento, dando más o menos frecuencia según las horas trabajadas en cada partida, según datos en la autopista M-12.

El Consumo energético generado por estas actuaciones está considerado en el valor energético contabilizado en el litro de diesel realizado según la energía embebida en el propio combustible 40.6MJ/kg, (Ekono, 1981) con una densidad de 0.865 kg/l de diesel, son 35.1MJ/l, e incrementado con un porcentaje (10%) equivalente a la extracción y refinado del crudo (Tillman *et al* 1991).

Y la segunda consiste en una reposición de malla metálica para la protección de taludes, los datos de la autopista M-12 nos dan la reposición anual de todo el tramo, se ha repartido esta reposición entre la longitud del tramo, para conseguir una medición por año y km. El consumo energético más elevado de la partida se refiere a la construcción y puesta en obra. El material influye únicamente un 2% del total de este capítulo, correspondiente al acero de las mallas metálicas.

Tabla 2. Relación de partidas del capítulo 1.

repercusión %				0,76	
	Ud	MOVIMIENTO DE TIERRAS	FREC/AÑO	MJ/CV	
1.1	L	Programa de revisión de los taludes. Inspecciones visuales.	3,0		50,00
	MJ/Ud	38,61		MJ	5.791,50
1.2	m2	Protección de taludes con malla metálica, una de triple torsión, paso de malla de 50 mm y diámetro 1,5 mm, anclada con barras de acero corrugadas y sujeta con piquetas de anclaje	1,0		3,57
	MJ/Ud	72,95		MJ	260,43

El capítulo de CIMENTOS Y MUROS DE CONTENCIÓN_CMC lleva asociada menos energía que el anterior, sin llegar tampoco a un 1% del total del mantenimiento. Al igual que el anterior se divide en dos partidas, la primera igual que en el anterior capítulo y la segunda de rehabilitación del hormigón de cimentación. En esta fase, la energía embebida de los materiales, acero y hormigón, adquiere mayor importancia, suponiendo un 40% del total de este capítulo.

Tabla 3. Relación de partidas del capítulo 2.

repercusión %				0,28	
	Ud	MUROS DE CONTENCIÓN 10%	FREC./AÑO	MJ/CV	
2.1	L	Programa de revisión de los muros de contención. Inspecciones visuales.	1,0		27,30
	MJ/Ud	38,61		MJ	1.054,05
2.1	m2	Rehabilitación muro placas prefab.horm.arm.p/armar terrap.h=6-9m	1,0		2,00
	MJ/Ud	609,38		MJ	1.218,76

El capítulo de FIRMES Y PAVIMENTOS_FP tiene una repercusión sobre el total del mantenimiento de un 78%. Se ha dividido en dos subcapítulos, la explanada y la calzada. Siendo la calzada la más influyente energéticamente. Esto es debido a su mayor necesidad de reposición del firme durante el ciclo de vida de la autopista. Los materiales utilizados en el firme, suponen un 98% de la energía total del firme 0032.

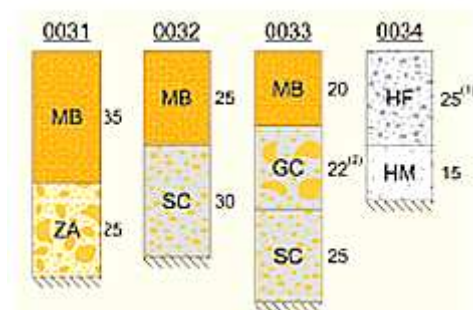


Figura 3: Secciones y espesores de capa de firme según la Norma 6.1 Secciones de firme, de la instrucción de carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003). MB_mezcla bituminosa. SC_Suelocemento. ZA_Zahorra. GC_gravacemento. HF_Hormigón de firme. HM_Hormigón magro vibrado.

En la acción de reposición del firme se ha tenido en cuenta el consumo energético de la maquinaria y el transporte de la misma, durante las acciones de fresado y de reposición de la capa de rodadura.

Del catálogo de la norma, se ha seleccionado la sección de firme 0032 (Suelocemento y mezcla bituminosa), para la categoría de tráfico pesado T00 (más de 4000 vehículos pesados/día) en función del tipo de explanada E3(más de 300 MPa). En esta norma se define la sección mínima a rehabilitar, y las especificaciones necesarias para una autopista,

estos mínimos se toman como valores de referencia por las empresas concesionarias, así en el estudio se toman las dimensiones de cada capa de la norma como válidos.

Tabla 4. Relación de partidas del capítulo de firmes y pavimentos.

	Ud		FREC/JANO	MJ/CV	
				MJ/ CV	
3.1	L	Programa de revisión de los muros de contención. Inspecciones visuales.	1,0		27,30
	MJ/Ud	38,61			1.054,05
3.1	m2	Reformación de explanada E3-6,	1,0		1,00
	MJ/Ud	147,64			147,64
				MJ/ CV	
3.2.1	MJ	FIRME		MJ/ CV	26.125.610
		Reposición frecuente o programada de firme 0032. Bacheado, Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de composición gruesa G-20 con árido calcáreo y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall	1,0		31,00
3.2.1.1	m2				
	MJ/Ud	326,20		MJ	10.112,20
		Gran reposición del carril derecho, vehículos pesados, cada 7- 10 años aproximadamente. Pavimento 0032 de mezcla bituminosa continua en caliente de composición gruesa G-20 con árido calcáreo y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall con IRI inicial de 1,2, fresado de la mezcla bituminosa, Transporte de residuos a centro de reciclaje, a monodépósito, a vertedero específico o a centro de recogida y transferencia, con camión de 7 t y tiempo de espera para la carga a máquina, con un recorrido de 20 km.	1,0		3.750,00
3.2.1.2	m2				
	MJ/Ud	108,37		MJ	406.387,50
		Gran reposición del carril izquierdo, vehículos ligeros, cada 7- 10 años aproximadamente. Pavimento 0032 de mezcla bituminosa continua en caliente de composición gruesa G-20 con árido calcáreo y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall con IRI inicial de 1,2, fresado de la mezcla bituminosa, Transporte de residuos a centro de reciclaje, a monodépósito, a vertedero específico o a centro de recogida y transferencia, con camión de 7 t y tiempo de espera para la carga a máquina, con un recorrido de 20 km.	1,0		3.750,00
3.2.1.2	m2				
	MJ/Ud	28,27		MJ	106.012,50
3.2.2	MJ	ARCÉN		MJ/ CV	5.028.800,00
		Reposición frecuente o programada de firme 0032. Bacheado, Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de composición gruesa G-20 con árido calcáreo y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall	1,0		5,00
3.2.1.1	m2				
	MJ/Ud	326,20		MJ	1.631,00
		Gran reposición, Pavimento de mezcla bituminosa continua en caliente de composición gruesa G-20 con árido calcáreo y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall, fresado de la mezcla bituminosa, Transporte de residuos a centro de reciclaje, a monodépósito, a vertedero específico o a centro de recogida y transferencia, con camión de 7 t y tiempo de espera para la carga a máquina, con un recorrido de 20 km.	1,0		3.500,00
3.2.1.2	m2				
	MJ/Ud	28,27		MJ	98.945,00

En este capítulo es muy importante el sistema de gestión de la conservación del firme con una programación temporal de actuaciones a realizar. En la gestión se observa como partida más importante, la acción de gran reposición periódica, que se ha establecido en un periodo entre 7 y 15 años. Se estudia la gestión del carril de vehículos pesados, el carril de vehículos ligeros y del arcén por separado ya que existen diferencias de diseño y en el consumo energético de cada actuación por unidad de superficie.

Tabla 05. Consumo energético de cada capa por materiales y procesos de la sección de firme 0032.

sección	0032			
pavimento	mezcla bituminosa en caliente (25 cm)			
	M-10___ discontinua (3cmc.rodadura)	Pavimento de mezcla bituminosa discontinua en caliente de composición M-10		
capa de rodadura	m2	con árido granítico y betún asfáltico de penetración, para una capa de rodadura de 3 cm de espesor		
	3 cm			
		Componentes constitutivos de materiales	69	161,98
		árido	65,55	9,83
		betún asfáltico	3,45	152,15
		Componentes constitutivos de maquinaria	-	1,66
		gasoil	-	1,66
		Total	69	163,63
			kg	MJ
capa intermedia	S-25__mezcla bituminosa en caliente (35cm-3cmc.rodadura)) t	Base de mezcla bituminosa en caliente, de composición semidensa S-25, con árido granítico y betún asfáltico de penetración, extendida y compactada al 98 % del ensayo marshall		
	22 cm			
		Componentes constitutivos de materiales	1.000,00	1.908,00
		árido	960	144
		betún asfáltico	40	1.764,00
		Componentes constitutivos de maquinaria	-	21,56
		gasoil	-	21,56
		Total	1.000,00	1.929,56
			kg	MJ
base	suelo - cemento			
	30 cm			
	m3	Base de suelo-cemento SC20 o SC40 elaborada en la obra, con cemento CEM II/B-L o CEM III/B o CEM IV/B 32,5 N, colocada con extendidora y compactado del material al 98% del PM		
		Componentes constitutivos de materiales	1.285,00	515,36
		agua	140,5	0,84
		árido	1.050,00	157,5
		cemento	94,5	357,02
		Componentes constitutivos de maquinaria	-	49,47
		eléctrica	-	2,73
		gasoil	-	46,74
		Total	1.285,00	564,83
			kg	MJ
	TOTAL 0032	Componentes constitutivos de materiales	880,5	1.189,72
		agua	42,15	0,25
		árido	788,14	118,22
		betún asfáltico	21,86	964,14
		cemento	28,35	107,11
		Componentes constitutivos de maquinaria	-	26,05
		eléctrica	-	0,82
		gasoil	-	25,23
	m2	Total	880,5 Kg	1.215,76 MJ/m2

Como ya se ha contado en el capítulo de determinación de la duración de la fase de mantenimiento, se estima que durante 50 años, el firme necesita tareas de rehabilitación

Tabla 6. Relación de espesor necesario de reposición y el año de reposición en carril de pesados de Intensidad media diario (IMDp) 5000.

Total Reposición cm	Total Fresado cm		EQUIVALENTE cm/año	parciales (REP / FRES) MJ/m2 año	TOTAL MJ/m2 año
83,00		cm/50años	1,96857	107,36581	108,21910
	21,00	cm/50años	0,47143	0,85329	

Ésta se compone de la realización de un fresado mínimo de 3 cm. Y una reposición de capa de rodadura del mismo espesor, para igualar con el nivel del carril de pesados.

El capítulo de PROTECCIONES Y SEÑALIZACIÓN_ PS tiene una repercusión sobre el total del mantenimiento de un 1,32%. Se ha dividido en tres partidas siendo la señalización horizontal la más influyente energéticamente. Esto es debido a su mayor necesidad de reposición durante el ciclo de vida de la autopista. Centrándonos solo en los materiales utilizados, destaca la cantidad de esmalte de pintura de la primera partida, que supone un 80% de la energía total del capítulo. El acero para la reposición de las señales es un 3% por su escasa necesidad de cambio, y el cemento y árido para las barreras rígidas no llega ni a un 1%. La energía restante de esta partida, 16%, va asociada a los procesos de puesta en obra y ejecución y carburante.

Tabla 07. Relación de partidas del capítulo 4.

repercusión %				1,32	
	Ud			MJ/CV	528.786,50
4.1		SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL		MJ/CV	436.098,00
4.1.1	m2	Pintado sobre pavimento de bandas superficiales, con pintura reflectante y microesferas de vidrio, con máquina de accionamiento manual	1,0		156,00
	MJ/Ud			MJ	8.721,96
4.2		SEÑALIZACIÓN VERTICAL		MJ/CV	84.371,00
4.2.1	Ud.	Sustitución de señales de trafico, Placa lám.reflect.nivel 1 intens.,90x90cm,fij.mecánicamente, Soporte rect.,tubo acero galv.100x50x3mm,hormigonado	1,0		0,25
	MJ/Ud			MJ	315,66
4.2.1	m2	Limpieza de carteles en paneles de aluminio extrusionado o lamas de acero galvanizado	1,0		26,00
	MJ/Ud			MJ	1.371,76
4.3		BALIZAMIENTO Y BARRERAS		MJ/CV	8.317,50
4.3.1	ml	Barrera rígida en forma de media campana de caras rectas, tipo New Jersey, elaborada "in situ".	1,0		0,42
	MJ/Ud				166,35

El capítulo de DRENAJES, SANEAMIENTO Y CANALIZACIONES_ DSC supone únicamente un 0,19% del total del mantenimiento. Primeramente existe una partida de inspecciones visuales y un programa de revisión con periodicidad anual, similar al de las partidas anteriores.

A este le siguen tres capítulos con la distribución energética que se ve en la tabla, donde destaca la partida de rehabilitación de los drenajes de hormigón transversales. La energía asociada a los materiales empleados supone un 80% del total energético de este capítulo. En la partida de drenaje longitudinal, el árido y el PVC utilizados suponen un 6%, mientras que en las canalizaciones de servicio los mismos materiales suponen un 24%. Para el drenaje transversal se utiliza acero y hormigón con una mayor influencia, del 50%. Y queda un 20% asociado a los procesos.

Tabla 08. Relación de partidas del capítulo 5.

repercusión %				0,19	
				MJ/CV	74.194,00
5.1.1	L	Programa de revisión del sistema de drenaje, saneamiento y canalizaciones. Inspecciones visuales.	1,0		3,00
	MJ/Ud			MJ	5.791,50
5.2		DRENAJE LONGITUDINAL		MJ/CV	6.002,00
5.2.1	ml	Rehabilitación drenaje tubo PVC relleno 50cm encima	1,0		1,00
	MJ/Ud			MJ	120,04
5.3		DRENAJE TRANSVERSAL		MJ/CV	44.433,50
5.3.1	ml	Rehabilitación tubo horm.arm.DN=1800mm,cl.3,unión campana,fondo zanja	1,0		0,05
	MJ/Ud				888,67
5.4		CANALIZACIONES DE SERVICIO		MJ/CV	17.967,00
5.4.1	ml	Rehabilitación canalización 12tubos polietileno, DN=40mm,relleno arena	1,0		1,00
	MJ/Ud			MJ	359,34

Este capítulo de ILUMINACIÓN_ ILU es el segundo más influyente energéticamente en el total del mantenimiento, con un 16% sobre el total. Se divide en 3 partidas, el mantenimiento de la instalación eléctrica, del cableado y el consumo realizado.

Dentro de este gran gasto, el mayor porcentaje se lo lleva el uso de las luminarias nocturnas, con un 98% del consumo total. Este consumo se ha establecido en base al número de horas sin iluminación natural (horario nocturno), más las horas de días sin iluminación natural suficiente. Multiplicando estas horas de utilización/año por la potencia instalada y suponiendo que siempre están todas las luminarias en uso, se obtienen los MJ/Ud. La luminaria elegida es de Vapor de Sodio de Baja presión, muy usuales en las luminarias de infraestructuras. Comparando el dato teórico del consumo con el dato real de las concesionarias, se ve que la variación va a ser menor del 10%.

En cuanto a la energía asociada a los materiales, en este capítulo es poco significativo comparándolo con el uso de la iluminación. Queda reducido a solo un 1%.

Tabla 09. Relación de partidas del capítulo 6.

repercusión %				16,52	
				MJ/CV	6.611.746
6.1	Ud.	Consumo de utilización de luminarias viales, cubeta vidr., vap. Na pres. alta 400W.	1,0		15,50
	MJ/Ud	8.409,60		MJ	130.348,80
6.2	Ud.	Reparación de luminarias y reposición de lámparas viales, cubeta vidr., vap. Na pres. alta 400W.	1,0		1,00
	MJ/Ud	1.261,00		MJ	1.261,00
6.3	m	Mantenimiento de conductor Cu, UNE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, baja emisión humos, 3x25mm ² ,	1,0		2,00
	MJ/Ud	312,56		MJ	625,12

En el capítulo de VIALIDAD_VIA tiene una repercusión de un 2,35% sobre el total del mantenimiento. Incluye las actividades destinadas a hacer posible el mantenimiento del servicio en todas las estaciones. La primera de ellas cuenta la energía que suponen las acciones de vialidad invernal tanto preventivas como curativas, consistentes en el rociado de salmuera en la época invernal, suponiendo una media de 10 recorridos anuales.

La segunda partida cuenta la energía que supone la vigilancia y atención de incidentes. Para estas acciones, se tienen como datos los litros de combustible de los vehículos de mantenimiento, así como las horas de uso de vehículos de vigilancia y mantenimiento. El cálculo energético se ha realizado mediante una distribución de kilómetros anuales de uso de un vehículo y el consumo de combustible realizado.

Los datos se han obtenido de las autopistas M-12 y AP-6.

En cuanto a la energía embebida de los materiales, en esta partida no existen partidas de materiales

Tabla 10. Relación de partidas del capítulo 7.

repercusión %				2,35	
				MJ/CV	
7		VIALIDAD			
7.1	Kms/UF	Tratamiento preventivo y/o curativo con maquinaria quitanieves rociado de salmuera y cloruro sódico.	1,0		10,00
	MJ/Ud	669,19		MJ	6.691,90
7.2	Ud.	Vigilancia y atención de accidentes e incidentes	1,0		1,00
	MJ/Ud	12.086,47		MJ	12.086,47

En el capítulo de JARDINERÍA Y LIMPIEZA_JAR, su repercusión es menor de 1%. Se realiza una limpieza general, conservación y riego de jardines con una periodicidad anual. Para la primera partida se estudia el gasto de combustible anual, en litros, por km de

limpieza a realizar. Estos datos se han obtenido las autopistas M-12, AP-6 y AP4. En las acciones de siega y poda ocurre lo mismo; el cálculo energético se contabiliza con la cantidad de litros de combustible por los km de siega de márgenes, medianas e isletas que hay que realizar.

Tampoco en esta partida se utilizan materiales en la fase de mantenimiento.

Tabla 11. Relación de partidas del capítulo 8.

repercusión %				0,60	
8		JARDINERIA		MJ/CV	
8.1	L	Limpieza general y conservación y riego de jardines	1,0		14,25
	MJ/Ud	38,61		MJ	550,19
8.2	Ud.	Utilización de bolsas de polietileno de baja densidad.	1,0		166,67
	MJ/Ud	3,30		MJ	550,01
8.3	L	Acciones de siega y poda	1,0		110,13
	MJ/Ud	38,61		MJ	4.252,12

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta fase del ciclo de vida de una autopista existen capítulos con mucha repercusión y otros con una repercusión muy baja.

Los capítulos con mayor carga energética son los de FP_Firmes y pavimentos, con un 78% y el capítulo ILU_ Iluminación, con un 17,84%. Estos dos capítulos suponen un 95% del total y por ello tienen el mayor potencial de reducción energética. Los demás tienen influencias menores por debajo de un 4%.

Energéticamente, el capítulo de mayor impacto es el de firmes y pavimentos, con un porcentaje muy superior sobre los demás. De este capítulo se ha descubierto la importancia e influencia energética que tiene la gestión y la normativa a aplicar sobre el mantenimiento de firmes y por consiguiente el consumo energético del capítulo. La gran influencia de este capítulo es debida, fundamentalmente, a los cincuenta años de duración de esta fase. Es el tiempo estimado de vida de la infraestructura hasta que sea necesaria una gran reconstrucción de la base del firme. En estos cincuenta años, se establecen periódicamente unas acciones para que la capa de rodadura siga siendo operativa y que cumpla con los indicadores impuestos por las administraciones en los pliegos de condiciones.

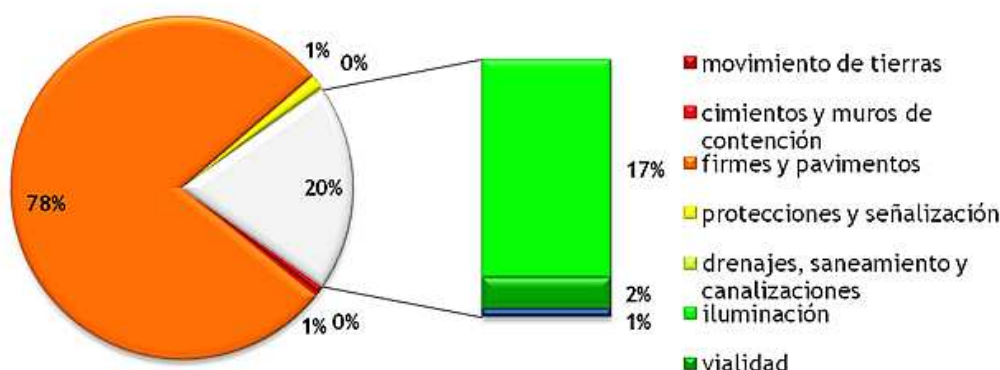


Figura 4. Porcentaje de consumo energético de los capítulos de la fase de mantenimiento.

La influencia de los materiales en una etapa de mantenimiento se presuponía poco importante, sobre todo comparándola con la influencia de los mismos en una etapa de construcción. En esta segunda etapa, las partidas son de vigilancia y mantenimiento, lo que presupone un gasto reducido de materiales. Efectivamente en la gran mayoría de las partidas la influencia de los mismos es menor de un 1% por la escasa necesidad de los mismos. Pero sorprendentemente, llegan a adquirir una importancia relevante en el cómputo total de la fase ya que son responsables de un 65% de la energía total de la etapa. Existen tres capítulos, firmes y pavimentos, protección y señalización y drenajes, donde la influencia es destacable. El primero con un 95% dentro del propio capítulo, el segundo con un 83% y el tercero con un 81%. Los dos últimos capítulos, al tener poca influencia sobre el total de la fase de mantenimiento, su influencia sobre el total no pasa de un 2%. Pero respecto a los materiales utilizados en el capítulo de mantenimiento y reposición de firmes, la influencia es de más de un 75% sobre el total. Esto marca y justifica la importancia de los áridos, bitúmenes y cemento frente a la energía consumida en labores de mantenimiento debida al combustible consumido por los vehículos.

CONCLUSIONES

Se ha seguido la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, con la definición de escenario y una división del sistema en unidades funcionales. De todas ellas se ha elegido una unidad funcional concreta, la UF.C2 de tronco de autopista con dos carriles, por ser la más repetitiva y representativa de los consumos energéticos globales de una autopista en servicio.

Habiendo definido la UF y las variables del escenario, se ha conseguido obtener la huella energética, durante los 50 años de uso de la infraestructura. La fase de mantenimiento de la UFC2i en estudio, tiene un consumo energético muy importante, de 40.024,49 GJ. Si lo comparamos con el consumo medio anual de una vivienda en España, según el IDAE (1,1 tep = 44GJ/año), el mantenimiento anual de un kilómetro de esta UF al año (800,48GJ/año) se iguala con 18 viviendas tipo españolas. Esto marca la importancia energética que tienen las infraestructuras sobre la energía consumida de un país.

Según el Ministerio de Fomento en España existen 14.797 Km de autopistas o autovías de 2 carriles en 2007, según el consumo energético teórico son 11.837.600 de GJ/año, que equivale al 7.6% de la producción eléctrica eólica en 2010 en España.

Este estudio energético, deja muy claro en qué capítulos y en qué materiales está el mayor consumo de energía. Y es en ellos donde se encuentran los mayores potenciales ahorro. Sobre todo en el capítulo de firmes y pavimentos, que supone el 78% del total, con el mayor uso de materiales sobre los que habría que aplicar medidas de mejora que ayuden a reducir su energía.

En este estudio, se ha determinado únicamente una parte de todo el complejo sistema de UF de las que consta una autopista. Para abordar realmente el balance energético de una infraestructura, hay que realizar este estudio con el total de Unidades funcionales.

BIBLIOGRAFÍA

Azapagic, A., (1999) Life Cycle Assessment and its application to process selection, desing and optimisation. Chemical Engineering Journal, 73, 1-21.

BEDEC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya).
<http://www.itec.es/nouBedec.e/presentaciobedec.aspw>

Ekono. (1981). Report on energy use of peat. Contribution to U.N. Conference on New and Renewable Sources of Energy, Nairobi.

García Navarro, J., Gonzalez Díaz, M. J.; Martinez-Caraballo, e., Redruello, I., (2010) Indicator of energy efficiency applied to motorways. A first step: functional unit's lca. Urban Environmental Pollution. Boston.

Gonzalez Díaz, M. J.; García Navarro, J. (2009) "Criteria and methodology for an indicator of energy applied to motorways". Second International Conference Ravage of the Planet 2009. Wessex Institute of Technology & Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), South Africa, Cape Town, ISBN: 978-1-84564-204-4.

Kraemer, C.; Pardillo, J.M. Rocci, S. Romana, M.G. Sánchez Blanco, V. del Val, M.A. (2004). Ingeniería de Carreteras. 2 volúmenes. Ed. McGraw-Hill. Madrid.

MacKay, D. (2008). Sustainable Energy – Without the hot air. UIT Cambridge. ISBN 978-0-9544529-3-3.

Royal institute of technology KTH (2005). Life cycle assessment of road maintenance works in Sweden. Estocolmo, Suecia. 13p.

Santero, N., Masasnet, E., Horvath, A., (2010) Life Cycle Assessment of Pavements: A critical review of existing literature and research. Lawrence Berkeley National Laboratory Publication. University of California.

Stripple,h.(1993). Life cycle assessment of road. A pilot study for inventory analysis. IVL Swedish environmental research institute. Goteborg, Suecia.

Thenoux, G. Gonzalez, A. Dowling, R. (2006). Energy consumption comparison for different asphalt pavements rehabilitation techniques used in Chile. Resources, Conservation and Recycling 49 (2007) 325–339. Chile.

Tillman, A.-M., Baumann, H., Eriksson, E. y Rydberg, T. (1991): Análisis del ciclo de vida de materiales de envase. Cálculo de la carga medioambiental. SOU 1991:77. General de Publicaciones, Estocolmo

UNE-EN ISO 14041. (1998). "Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance y el análisis del inventario".

UNE ISO 14040. (1997). "Gestión medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y Estructura".

MORTEROS HISTÓRICOS DE SANTA EULALIA DE BÓVEDA (LUGO)

J.M. García de Miguel¹, M. Esteban Benito¹, J.A. Ramírez Masferrer¹, P. Morillas González¹

*¹ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Geológica.
Universidad Politécnica de Madrid (ESPAÑA)*

RESUMEN

Con el fin de establecer las características composicionales de las muestras de mortero de distinta fases constructivas del templo de Santa Eulalia de Bóveda. El presente escrito expone los resultados obtenidos en laboratorio, presentando especial atención a la relación árido/aglomerante y a la composición del aglomerante, para establecer una correlación estratigráfica de los mismos.

Palabras clave: mortero, aglomerante, árido

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Se trata de un edificio de época tardo romana, de planta rectangular. El edificio tenía dos alturas, aunque del piso superior sólo queda el arranque de la posible cubierta abovedada construida en ladrillo y mampostería. No se sabe con certeza si el muro de arranque de la bóveda, objeto de estudio, formaría parte del segundo piso del edificio o de otra edificación realizada posteriormente. La planta inferior, en cripta, se conserva casi en su totalidad con diferentes modificaciones. En su exterior, un pequeño atrio con dos columnas "in antis" precede a la fachada, en la que se abre una puerta con arco de herradura.

Las primeras excavaciones arqueológicas de lo que hoy conocemos como conjunto monumental de Santa Eulalia de Bóveda las realizó Luís López Martí en 1926.

El templo fue declarado Monumento Artístico Nacional en 3 de junio de 1931 y Bien de Interés Cultural en 1985.

METODOLOGÍA

La Cátedra de Petrología y Mineralogía de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid realiza el estudio analítico de una serie de muestras para la caracterización de los morteros existentes en el templo de Santa Eulalia de Bóveda (Lugo).

Se va a establecer la composición y características de las muestras de mortero de distinta fases constructivas del templo de Santa Eulalia de Bóveda para poder establecer una correlación estratigráfica de los mismos, prestando especial atención a la relación árido/aglomerante y a la composición del aglomerante.

Para ello se toman muestras de mortero. Con las muestras de mortero se ha realizado una lámina transparente para su posterior estudio petrográfico mediante microscopía óptica de luz transmitida. La composición química inorgánica de estos morteros se analizado mediante el sistema KEVEX acoplado microscopio electrónico de barrido (MEB).

Muestras de mortero estudiadas

Las muestras de mortero se exponen en la tabla adjunta, donde se expresa la situación de las muestras y una breve descripción de las mismas y técnica empleada.

Muestra	Denominación empleada	Fase	UE	Situación	Descripción	Técnica empleada
SEB-MC-1a	1 ^a	I	008	Arcos fajones de la bóveda del aula. Alzado Norte	Parece que tiene un enlucido encima más claro. Capa más exterior. Mortero muy deleznable, algo rojizo.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-2b	2b	I	009	Arranque de la bóveda del aula. Alzado Sur.	Mortero muy blanco y bastante más compacto que los anteriores.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-	3	I	126	Bóveda que cubre el espacio del ábside. Alzado Este.	Mortero muy compacto y difícil de extraer. Blanco con fragmentitos de ladrillo.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-4	4	Ila	076	Restos de los enjarjes que separaban espacialmente el aula. Alzado Oeste.	Mortero claro bastante compacto.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-5a	5 ^a	Ila	075	Mortero de recubrimiento de la bóveda y de preparación de las pinturas del aula. Alzado Sur.	Tiene encima un mortero de reposición. Mortero claro muy compacto.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-6	6	Ila	110	Mortero de revestimiento de los alzados interiores del aula bajo las placas de mármol. Alzado Sur.	Mortero claro muy disgregado.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-8a	8b	IIb	017	Alzado Norte del piso alto, bóveda de ladrillo al Oeste de la ventana.	Mortero blanco desprendido en el interior de la grieta, puede estar contaminado por el de hiladas superiores.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-9	9	IIb	025	Trasdós de mampostería de la bóveda del piso alto	Mortero de juntas entre mampostería. No es seguro que sea original de esta fase constructiva.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-14	14	IV	021	Revestimiento con pintura de la bóveda del piso alto.	Mortero de preparación con restos de película pictórica.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-15	15	IV	022	Reconstrucción en mampostería de la parte alta de la bóveda del piso alto	Mortero de juntas bastante compacto.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-17a	17 ^a	IV	071	Mortero de preparación de las pinturas del nártex.	Mortero de juntas, blanco, disgregable.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-CN-M	cnm	?	109	Alzado Sur del aula	Capa negra sobre mortero muy disgregado.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-7	7	Ila	083	Arco de acceso al aula. Alzado Este.	Mortero de juntas entre ladrillos. Mortero claro bastante compacto	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX
SEB-MC-18	18	¿		Alzado Norte del aula Sector 1	Mortero de reposición sobre la parte más alta. Puede ser útil para conocer el origen de las sales de la pintura.	-Lámina Transparente -MEB, sistema KEVEX

RESULTADOS

En los apartados siguientes se resumen los resultados obtenidos tanto del estudio petrográfico como del análisis químico de cada uno de los morteros.

Mortero 1a

Esta muestra corresponde a un mortero tomado de los arcos fajones de la bóveda del aula del alzado norte. Por encima de él se superpone un enlucido más claro.

Estudio petrográfico 1a

Árido: 55 %. Granos heterométricos, subredondeados de cuarzo, granos de micrita y arcilla compacta y de moscovita principalmente, en menor medida de feldespato potásico, y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1mm. 30 %/ 0,5 - 1mm. 20 %/ < 0,5 mm. 10 %

Distribución mineralógica del árido:

- Cuarzo (monocristalino): 27 %, (subredondeados, de tamaños entre 0,3 y 1,5 mm)
- Moscovita: 15 % (cristales tabulares, entre 0,3 y 1,2 mm de tamaño. Algunos presentan los bordes corroídos)
- Granos de micrita y arcilla: 7 %
- Feldespato potásico: 5 %
- Minerales opacos: 1 %

Ligante: 30 % Matriz micritica calcítica

Porosidad interpartícula: 15 %

Composición química del mortero 1a

Del análisis del mortero 1a, realizado mediante el microscopio electrónico de barrido, cabe destacar el alto contenido de aluminio y magnesio en la muestra, así como la baja proporción de calcio, de lo que se puede concluir que éste ha sido lavado, o bien, que se trata de un mortero muy pobre en cal. Existe una cantidad, aunque muy pequeña, de titanio y de azufre.

Mortero 2b

Este mortero pertenece a la fase constructiva I y se ubica en el arranque de la bóveda del aula del alzado Sur. Corresponde a un mortero muy blanco y compacto.

Estudio petrográfico 2b

Árido: 80 %. Granos bien seleccionados (homométricos), subredondeados de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita. En menor medida aparecen granos micritizados y minerales opacos.

Granulometría general del árido: 1 – 2 mm. 30 % / 0,5 – 1 mm. 35 % / < 0,5 mm. 15 %

Distribución mineralógica:

- Cuarzo (monocristalino): 30 % (subredondeados, de tamaños entre 0,4 y 1,8 mm).
- Feldespatos potásicos (ortosa y microclina): 20 % (subangulosos-subredondeados, tamaños entre 0,5 y 2 mm. Algunos cristales presentan una leve alteración en sus bordes)
- Plagioclasa: 15 % (subangulosos-subredondeados, tamaños entre 0,5 y 2 mm)
- Biotita y moscovita: 8 % (cristales tabulares, entre 0,3 y 1,8 mm de largo. Algunos presentan los bordes corroídos)
- Granos micritizados calcíticos: 5 %
- Minerales opacos: 2 %

Ligante: 15 % Matriz micrítica calcítica

Porosidad interpartícula: 5 %

Composición química del mortero 2b

El análisis químico del mortero 2b muestra unos porcentajes *a priori* normales de magnesio, aluminio, silicio, potasio, calcio y hierro. Aparece un bajo contenido en cloro, atribuible a la contaminación por sales.

Mortero 3

Se trata de un mortero blanco de la fase constructiva I, situado en la bóveda que cubre el espacio del ábside, en el Alzado Este. Es muy compacto y contiene fragmentos pequeños de ladrillo.

Estudio petrográfico 3

Árido: 50 %. Tamaño fino, ningún grano supera el milímetro. Granos subangulosos-subredondeados de feldespatos potásicos, plagioclasa, cuarzo, granos compactos de micrita, moscovita y minerales opacos.

Granulometría general del árido: 0,5 - 1mm. 25 % / < 0,5 mm. 25 %

Distribución mineralógica:

- Feldespatos potásicos y plagioclasa: 18 % (subredondeados, tamaños inferiores a 0,8 mm.)
- Cuarzo (monocristalino): 16 % (subangulosos-subredondeados, de tamaños entre 0,3 y 1 mm)
- Granos de micrita: 10 % (redondeados, 0,3 – 0,8 mm de tamaño)
- Moscovita: 5 % (cristales tabulares, entre 0,3 y 1,2 mm de tamaño. Algunos presentan los bordes corroídos)
- Minerales opacos: 1 %

Ligante: 35 % Matriz micrítica calcítica con materia orgánica

Porosidad interpartícula: 15 %

Composición química del mortero 3

En principio, el mortero 3 tiene cierta semejanza en su composición química con el mortero 2b respecto a los componentes mayoritarios del análisis general, salvo por la ausencia de cloro, titanio y azufre en éste. En cambio, en la composición química de la matriz destaca el elevado contenido en calcio que corroboraría el estudio petrográfico, ya que esta muestra presenta una relación árido/ligante 1/1 frente a la proporción 5/1 del mortero 2b.

Mortero 4

Mortero blanco y bastante compacto de la fase constructiva IIa.

Estudio petrográfico 4

Árido: 45 %. Granos heterométricos soportados por la matriz, subangulosos-subredondeados de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1mm. 15 % / 0,5 - 1mm. 10 % / < 0,5 mm. 20 %

Distribución mineralógica:

-Cuarzo (mono y policristalino): 20 % (subangulosos-subredondeados, de tamaños entre 0,3 y 2 mm. Numerosos cristales se encuentran fracturados)

-Feldespato potásico: 11 % (subredondeados, tamaños inferiores a 1 mm. Presentan una alteración general avanzada)

-Moscovita: 7 % (cristales tabulares, entre 0,3 y 1,2 mm de tamaño. Algunos presentan los bordes corroídos)

-Granos de micrita: 4 %

-Plagioclasa: 2 %

-Minerales opacos: 1 %

Ligante: 40 % Matriz micrítica calcítica

Porosidad interpartícula: 15 %

Composición química del mortero 4

Del análisis químico del mortero 4 cabe destacar la presencia (casi 4 %) de cloro. La proporción de calcio es algo baja.

Mortero 5A

Se trata de un mortero de recubrimiento de la bóveda y de preparación de las pinturas de la fase constructiva IIa en el Alzado Sur. Es un claro y muy compacto, que tiene por encima un mortero de reposición.

Estudio petrográfico 5a

Árido: 55 %. Granos heterométricos, subangulosos-subredondeados de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa principalmente. En menores proporciones aparecen biotita, minerales opacos y cristales de yeso.

Granulometría general del árido: > 1mm. 20 % / 0,5 - 1mm. 5 % / < 0,5 mm. 20 %

Distribución mineralógica:

-Cuarzo (mono y policristalino): 28 % (subangulosos-subredondeados, de tamaños desde 0,2 hasta 4 mm)

-Feldespatos potásicos: 12 % (subredondeados, tamaños inferiores a 2 mm. Presentan una leve corrosión en sus bordes)

-Granos de micrita: 5 %

-Biotita: 4 %

-Plagioclasa: 3 %

-Yeso: 2 %

-Minerales opacos: 1 %

Ligante: 30 % Matriz micrítica calcítica

Porosidad interpartícula: 15 %

Composición química del mortero 5a

Del diagrama resultante del análisis químico destaca el pico correspondiente al azufre, constatando la presencia de este elemento, anómala respecto a otras muestras.

Mortero 6

Consiste en un mortero de revestimiento de los alzados interiores del aula, bajo las placas de mármol, el Alzado Sur. Es claro y se encuentra muy disgregado.

Estudio petrográfico 6

Árido: 45 %. Granos subangulosos-subredondeados, de tamaño inferior al milímetro, de cuarzo, feldespatos potásicos, granos micritizados, plagioclasa y yeso principalmente. En menores proporciones aparecen biotita y minerales opacos.

Granulometría general del árido: 0,5 - 1mm. 20 % / < 0,5 mm. 25 %

Distribución mineralógica:

-Cuarzo (monocristalino): 20 % (subangulosos-subredondeados, de tamaños entre 0,2 y 0,8 mm)

-Feldespatos potásicos y plagioclasa: 15 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,2 y 0,7 mm. Presentan cierta corrosión)

-Granos de micrita: 5 % (redondeados, 0,3 – 0,8 mm de tamaño)

-Yeso: 5 %

Ligante: 35 % Matriz micrítica calcítica

Porosidad interpartícula: 20 %

Composición química del mortero 6

En el mortero 6, como en el anterior, existe un contenido en azufre dentro de la muestra. El análisis químico determina, además, una concentración importante de fósforo en este mortero 6, cuyo origen probablemente sea orgánico.

Mortero 7

Estudio petrográfico 7

Árido: 40 %. Granos homométricos de tamaño fino, de micrita y arcilla compacta, cuarzo y feldespato potásico. En proporciones menores aparecen cristales de mica, calcita y bioclastos microscópicos.

Granulometría general del árido: 0,5 - 1mm. 20 % / < 0,5 mm. 20 %

Distribución mineralógica:

-Granos de micrita y arcilla compacta: 15% (se diferencian de la matriz por su evidente compactación, presentan morfología subredondeada y un tamaño medio de 0,4mm)

-Cuarzo (monocristalino): 13 % (subangulosos-subredondeados, de tamaños inferiores a 0,8 mm)

-Feldespato potásico: 7 % (subredondeados, tamaños inferiores a 0,5 mm. Se encuentran levemente alterados)

-Moscovita: 2 %

-Bioclastos: 2 %

-Calcita: 1 %

Ligante: 50 % Matriz micritica calcítica

Porosidad interpartícula: 10 %

Composición química del mortero 7

Mediante el análisis del microscopio electrónico de barrido se ha determinado que predomina el calcio en la composición química total del mortero 7. Se trata, por tanto, de un mortero muy calcítico dado que contiene un 15 de granos de composición calcítica en su árido. Destaca también la ausencia de potasio.

Mortero 8A

Se trata de un mortero de la fase constructiva IIb, situado en la bóveda de ladrillo al oeste de la ventana, en el Alzado Norte del piso alto. Es un mortero blanco desprendido en el interior de la grieta.

Estudio petrográfico 8a

Árido: 50 %. Granos subangulosos-subredondeados de cuarzo, feldespato potásico, granos micritizados y plagioclase principalmente. En menores proporciones aparecen biotita y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1 mm. 15 % / 0,5 - 1mm. 15 % / < 0,5 mm. 20 %

Distribución mineralógica:

- Cuarzo (monocristalino): 27 % (subredondeados, tamaños entre 0,3 y 2 mm)
- Feldespato potásico: 15 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 1 mm. Presentan cierta corrosión)
- Granos de micrita: 5 % (subredondeados, 0,3 – 0,5 mm de tamaño)
- Moscovita: 2 %
- Minerales opacos: 1 %

Ligante: 30 % Matriz micrítica calcítica

Porosidad interpartícula: 20 %

Composición química del mortero 8a

El análisis químico del mortero 8a muestra un material predominantemente constituido por calcio y sílice, con proporciones normales de elementos comunes a otros morteros estudiados del monumento como aluminio, magnesio, potasio o hierro.

Mortero 9

Mortero de la fase constructiva IIb, localizado en el trasdós de mampostería de la bóveda del piso alto. Se encuentra en las juntas, entre mampostería.

Estudio petrográfico 9

Árido: 65 %. Granos heterométricos subangulosos-subredondeados de cuarzo, feldespato potásico y granos micritizados y micas principalmente. En menores proporciones aparecen cristales de yeso y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1 mm. 20 % / 0,5 - 1mm. 15 % / < 0,5 mm. 30 %

Distribución mineralógica:

- Cuarzo (mono y policristalino): 30 % (subangulosos-subredondeados, tamaños entre 0,2 y 2 mm)
- Feldespato potásico: 14 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 1 mm. Se encuentran levemente alterados)
- Granos de micrita: 10 % (subredondeados, 0,3 – 0,5 mm de tamaño)
- Moscovita y biotita: 6 %
- Minerales opacos: 3 %
- Yeso: 2 %

Ligante: 20 % Matriz micrítica calcítica, contiene materia orgánica.

Porosidad interpartícula: 15 %

Composición química del mortero 9

El mortero 9 guarda una gran similitud, respecto a las proporciones de sus componentes químicos, con el anterior mortero analizado, el mortero 8a.

Mortero 14

Es un mortero de preparación con restos de película pictórica en la bóveda del piso alto perteneciente a la fase constructiva IV.

Estudio petrográfico 14

Árido: 65 %. Granos de dos tipos de tamaño fundamentalmente, gruesos entre 1 y 2 mm y finos inferiores a 0,5 mm. Predominan los granos de cuarzo y feldespato potásico. En cantidades pequeñas aparecen cristales de plagioclasa, mica, granos de micrita y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1 mm. 30 % / 0,5 - 1mm. 10 % / < 0,5 mm. 25 %

Distribución mineralógica:

-Cuarzo (mono y policristalino): 30 % (subangulosos-subredondeados, tamaños distribuidos en dos familias, una inferior a 0,5 mm y otra entre 1,5 y 2 mm)

-Feldespato potásico: 25 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 1,8 mm. Bordes levemente corroídos)

-Plagioclasa: 5 %

-Granos de micrita: 3 %

-Moscovita y biotita: 1 %

-Minerales opacos: 1 %

Ligante: 25 % Matriz micritica calcítica.

Porosidad interpartícula: 10 %

Composición química del mortero 14

El mortero 14 muestra una cantidad muy alta de calcio en detrimento del componente silíceo, bastante escaso en este mortero. La cantidad de aluminio es también baja.

Mortero 15

Se trata de un mortero de juntas bastante compacto, de reconstrucción en mampostería de la parte alta de la bóveda del piso alto de la fase constructiva IV.

Estudio petrográfico 15

Árido: 60 %. Granos heterométricos entre los que predominan los de cuarzo, moscovita y feldespato potásico. En menores proporciones aparecen granos de micrita y arcilla compactada y minerales opacos.

Granulometría general del árido: > 1 mm. 22 % / 0,5 - 1mm. 18 % / < 0,5 mm. 20 %

Distribución mineralógica:

- Cuarzo (mono y policristalino): 30 % (subredondeados, tamaños entre 0,3 hasta 4 mm)
- Moscovita: 12 % (cristales tabulares, tamaños entre 0,3 y 1, 5 mm)
- Feldespatos potásicos: 10 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 1,5 mm. Se encuentran levemente alterados)
- Granos de micrita y arcilla compacta: 5 %
- Minerales opacos: 3 %

Ligante: 30 % Matriz micrítica calcítica.

Porosidad interpartícula: 10 %

Composición química del mortero 15

La analítica del mortero 15 muestra su composición química, común con otros morteros estudiados. Destaca únicamente la presencia, aunque mínima, de cloro, que constata una leve contaminación por sales.

Mortero 17A

Consiste en un mortero de preparación de las pinturas del nártex de la fase constructiva IV, de juntas, blanco y disgregable.

Estudio petrográfico 17^a

Árido: 65 %. Granos heterométricos. Predominan los granos de cuarzo y feldespatos potásicos y de micrita. En cantidades pequeñas aparecen cristales de mica y minerales opacos.

Granulometría general del árido: 1 - 2 mm. 20 % / 0,5 - 1 mm. 18 % / < 0,5 mm. 22 %

Distribución mineralógica:

- Cuarzo (mono y policristalino): 25 % (subangulosos-subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 2 mm)
- Feldespatos potásicos: 20 % (subredondeados, tamaños comprendidos entre 0,4 y 1,8 mm. Bordes levemente corroídos)
- Granos de micrita calcítica: 15 % (subredondeados, tamaños inferiores a 0,8 mm)
- Moscovita: 3 %
- Minerales opacos: 2 %

Ligante: 25 % Matriz micrítica calcítica.

Porosidad interpartícula: 10 %

Composición química del mortero 17a

El análisis químico mediante MEB indica el alto contenido en calcio del mortero 17a. Destaca además, de su composición química, el bajo contenido en sílice y magnesio y aluminio y la nula presencia de hierro.

Correlación de los morteros estudiados

Los resultados de los análisis realizados sobre los morteros se exponen en las siguientes tablas:

Relación árido/aglomerante de los morteros

	1a	2b	3	4	5a	6	7	8	9	14	15	17a
Fase constructiva	I	I	I	IIa	IIa	IIa	IIa	IIb	IIb	IV	IV	IV
arido/aglomerante 1/1			x	x		x	x					
arido/aglomerante 2/1	x				x			x			x	
arido/aglomerante 3/1									x	x		x
arido/aglomerante 5/1		x										

Composición química de los distintos morteros (análisis general)

	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	S	P	Cl	Mn
1a	20,73	18,73	32,70	7,48	6,19	11,26	1,21	1,70			
2b	8,84	9,53	24,26	7,65	40,99	5,31	0,01	2,08		1,33	
3	12,66	9,74	21,57	5,42	45,01	5,61					
4	17,28	14,53	30,68	5,6	22,34	5,74				3,85	
5a	11,05	8,02	18,33	5,27	46,06	1,53		9,73			
6	9,57	7,97	11,92	5,08	46,59	2,33		9,25	7,29		
7	1,41	1,76	4,84		88,46	3,52					
8a	7,84	12,3	20,55	6,61	47,05	5,64					
9	8,32	10,63	20,19	5,26	52,18	3,43					
14	4,12	0,66	8,37	4,42	79,91	2,52					
15	7,68	10,53	25,42	6,95	43,6	5,34				0,49	
17a	0,86	0	10,77	3,21	85,16						

Composición química del aglomerante de los distintos morteros

	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	S	P	Cl	Mn
1a2	18,06	10,26	27,73	0,56	2,34	41		0,02	0,02		
2b2	14,99	13,34	25,7	6,67	29,78	4,46				5,07	
32	1,36	2,5	5,7		83,23	7,21					
42	14,71	13,08	25,42	6,83	21,68	10,56	1,76	2,94		3,02	
5a2	11,74	7,78	16,61		54,43	1,34				8,1	
62			4,97		88,19			6,84			
8a2		3,1	7,94	16,2	59,76	13					
92		6,63	12,56	8,51	67,68	4,61					
142	0	0	1,96		68,07	29,18	0,77				
152	9,11	8,66	15,29	5,47	49,75	7,7				4,03	
17a2	0,77	0	8,12	2,25	88,86						

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir de estos datos analíticos de los morteros estudiados se ha confeccionado la tabla siguiente donde se apuntan las observaciones e interpretaciones realizadas sobre la caracterización composicional de los mismos.

Muestra	Fase	Situación	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
SEB-MC-1a	I	Arcos fajones de la bóveda del aula. Alzado Norte. Parece que tiene un enlucido encima más claro. Capa más exterior. Mortero muy deleznable, algo rojizo.	Este mortero no tiene casi calcio y muestra una alta proporción de hierro a lo que debe su baja coherencia y color rojizo. Contiene un alto contenido en matriz arcillosa con algo de calcita en una relación árido/matriz 2/1. Tiene mucha mica. Parece contener un árido granítico poco maduro (por la proporción de mica). Presenta trazas de yeso, quizá contaminación por sales procedentes del cemento portland empleado en el refuerzo del trasdós. Ligera contaminación por fósforo, quizás procedente de materia orgánica o bien de la capa de betún con negro de hueso de la capa negra aplicada. El hierro es muy alto, posiblemente por estar formado por tierras. También es muy alto el Mg. Este elemento puede proceder bien de las sales existentes en el zócalo. No existiendo otros portadores de magnesio, este debe encontrarse en el contenido arcilloso de la matriz (biotita, clorita o arcillas tipo talco, paligorskita, sepiolita, etc.).
SEB-MC-2b	I	Arranque de la bóveda del aula. Alzado Sur. Mortero muy blanco y bastante más compacto que los anteriores	El magnesio seguramente se encuentra como cloruro formando sales removilizadas, ya que la proporción de biotita es muy baja. El árido es granítico y el aglomerante cal. Llama la atención la alta proporción de árido/aglomerante, 5/1. La razón puede estar en una lixiviación del aglomerante carbonatado por la circulación de humedad que, además, aportaría las sales.
SEB-MC-3	I	Bóveda que cubre el espacio del ábside. Alzado Este mortero muy compacto y difícil de extraer. Blanco con fragmentitos de ladrillo.	Este mortero está compuesto por una gran proporción de cal y muy poco árido granítico.
SEB-MC-4	Ila	Restos de los enjarjes que separaban espacialmente el aula. Alzado Oeste. Mortero claro bastante compacto.	Al igual que en los morteros 1a y 2b, el abundante magnesio se asocia a la presencia de cloro, lo que lleva a la conclusión de que debe encontrarse como cloruro de magnesio (Bischofita) ⁴ . Esta es una sal muy móvil. También aparece azufre en la matriz, seguramente asociado a la presencia de yeso como contaminación por sales, aunque la petrografía no ha sido capaz de detectarlo. Muy probablemente se trata de un mortero de cal con una baja proporción de árido de granito (árido/aglomerante, 1/1). El hierro es más abundante que en otros morteros, sin llegar a las proporciones del mortero 1a. La falta de tinción se puede deber a que parte del hierro se encuentre como ión ferroso.

⁴ La bischofita, cloruro de magnesio hexahidratado, absorbe humedad ambiente cuando la humedad relativa es superior al 32 %.

(Continuación)

Muestra	Fase	Situación	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
SEB-MC-5a	Ila	Mortero de recubrimiento de la bóveda y de preparación de las pinturas del aula. Alzado Sur. Tiene encima un mortero de reposición. Mortero claro muy compacto.	Nuevamente una alta presencia de magnesio se asocia a la cloro, por lo que su origen hay que buscarlo en la presencia de sales higroscópicas de esta naturaleza. Por lo demás se trata de un mortero de cal con una relación árido/aglomerante próxima a 2/1. El árido es de naturaleza granítica, donde predomina la biotita. Se aprecia yeso en el árido (una parte de cada 11) ya que lo detecta la petrografía y el análisis MEB del todo uno, mientras que no aparece en el análisis MEB de la matriz. Este yeso abundante podría derivar de contaminación del mortero pórtland empleado en el refuerzo del trasdós tras una fuerte recristalización que lo haga apreciable al microscopio.
SEB-MC-6	Ila	Mortero de revestimiento de los alzados interiores del aula bajo las placas de mármol. Alzado Sur. Mortero claro muy disgregado	Se trata de un mortero de cal, con baja relación árido/aglomerante (1,5/1), aunque básicamente es un mortero de cal, llama la atención la presencia de una notable cantidad de yeso tanto en el árido como en la matriz, ya que lo detecta la petrografía (cal/yeso 6/1) y también los análisis MEB de todo uno y matriz. Este yeso abundante podría derivar de contaminación de enlucidos o capas pictóricas tras una fuerte recristalización que lo haga apreciable al microscopio No se puede descartar definitivamente, sin embargo, la agregación intencional. El hecho de encontrarse disgregado se puede deber tanto a la movilidad del yeso, como a la de las sales de magnesio presentes. Hay que destacar también la presencia de fósforo, seguramente de origen orgánico por la capa negra de betún aplicada.
7	Ila	Arco de acceso al aula. Alzado Este. Mortero de juntas entre ladrillos. Mortero claro bastante compacto	Se trata de un mortero de cal con poco aglomerante (proporción inferior a 1/1). El árido es de granito, al igual que en otras muestras. Entre los granos aparecen bioclastos, relictos, sin cocer, de la caliza que se utilizó para la obtención de la cal.
SEB-MC-8a	IIb	Alzado Norte del piso alto, bóveda de ladrillo al Oeste de la ventana. Mortero blanco desprendido en el interior de la grieta, puede estar contaminado por el de hiladas superiores	Se trata de un mortero de cal con árido granítico de una relación árido/aglomerante 1,5/1, similar a la de los otros morteros.
SEB-MC-9	IIb	Trasdós de mampostería de la bóveda del piso alto Mortero de juntas entre mampostería. No es seguro que sea original de esta fase constructiva.	Se trata de un mortero de cal con árido granítico de una relación árido/aglomerante 3/1, similar a la de los otros morteros. En lámina transparente se ha detectado yeso que, sin embargo, no se refleja en los análisis MEB realizados.

(Continuación)

Muestra	Fase	Situación	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
SEB-MC-14	IV	Revestimiento con pintura de la bóveda del piso alto. Mortero de preparación con restos de película pictórica.	En esta muestra existe una discrepancia entre los datos MEB, que muestran un mortero de cal, con muy poco árido y una relativamente proporción de hierro en la matriz, y los petrográficos que arrojan un mortero árido de granito y cal 3/1. No obstante si se tiene en cuenta que el árido también contiene un 3 % de granos de micrita, podría explicar esta anomalía. Respecto al elevado contenido en hierro podría proceder de los restos de capa pictórica en rojo u ocre (óxidos e hidróxidos de hierro).
SEB-MC-15	IV	Reconstrucción en mampostería de la parte alta de la bóveda del piso alto. Mortero de juntas bastante compacto.	Se trata de mortero de árido de granito y cal, en proporción 2/1. También aparecen cloruros de magnesio.
SEB-MC-17a	IV	Mortero de preparación de las pinturas del nártex. Mortero de juntas, blanco, disgregable	En esta muestra existe una discrepancia entre los datos MEB, que muestran un mortero de cal, con muy poco árido y una relativamente proporción de hierro en la matriz, y los petrográficos que arrojan un mortero árido de granito y cal 3/1. No obstante si se tiene en cuenta que el árido también contiene un 3 % de granos de micrita, podría explicar esta anomalía.

En todos los morteros, el árido es arena de granito, probablemente arena arcósica muy inmadura por la presencia de abundante feldespato y mica y por la morfología subredondeada, subangulosa de los granos. Se trata de arena heterométrica, donde se pudo efectuar un cribado para eliminar tamaños superiores a uno o dos milímetros.

Salvo la muestra 1a, donde el aglomerante es arcilloso (no se descarta una parte de arcilla cocida) los morteros son de cal, donde subsisten fragmentos de la caliza (una variedad micrítica, biomicrítica en algún caso) que no llegaron a cocer lo que habla de la heterogeneidad de la distribución de las temperaturas durante el proceso de cocción o el uso de fragmentos de granulometría mal clasificada de la caliza utilizada para obtener la cal.

Excepto la muestra 2b, donde predomina el árido, generalmente la proporción árido/aglomerante es baja, variando desde inferior a la unidad a 3/1.

Las muestras 2b, 4 y 5a, parecen presentar una alta proporción del cloruro de magnesio higroscópico, probablemente como consecuencia de movilización de esta sal cuya procedencia se expone en el apartado siguiente de este capítulo.

En cuanto a la correlación entre estos morteros, las dificultades que se plantean a la hora de establecer una posible cronología relativa de los mismos se fundamentan:

En la funcionalidad para la que fueron elaborados y su puesta en obra, donde la relación de árido/aglomerante, la granulometría y la composición pueden variar.

En las contaminaciones del material original durante las intervenciones sin documentar que se hayan podido realizar, tanto en la antigüedad por labores de reparación o mejora como en las efectuadas desde su descubrimiento.

En los métodos de estudio, al ser el mortero una mezcla de aglomerante y árido ya consolidado su disgregación y la separación entre árido/aglomerante es complicada, además de que puede llevar a error a la hora de interpretar los datos, sobre todo en lo que se refiere a los componentes de carbonato cálcico (calcita) que puede encontrarse tanto en el aglomerante como en el árido.

En cuanto a los métodos de estudio, la dificultad comienza con la escasez de muestra al tratarse de morteros históricos donde se pretende minimizar el impacto sobre el monumento. Mediante las técnicas empleadas en este estudio se ha intentado mantener el mortero íntegro. No obstante en la misma preparación de las muestras para la confección de láminas delgadas, es irremediable una pequeña pérdida de los granos de mayor tamaño y una pequeñísima porción de la matriz por la erosión diferencial que se produce durante el proceso de pulido de la lámina. Respecto al estudio analítico se parte de muestras muy pequeñas que pueden menoscabar la representatividad de las mismas.

Partiendo de estos inconvenientes a continuación se especifican las interpretaciones realizadas y la posible correlación entre los morteros estudiados. Se expondrán a partir de las fases constructivas establecidas *a priori* en función de la toma de muestras.

En esta interpretación se le ha dado mayor peso a las características petrológicas, puesto que la posible contaminación por sales u otros compuestos empleados en las intervenciones realizadas dificultan el establecimiento de similitudes o diferencias significativas.

Partiendo de la base de que el material puede estar contaminado, como ya se ha expresado en el párrafo anterior, se ha establecido un índice que relaciona el cuarzo y el feldespato contenido en el árido a partir del estudio petrológico, que pudiera establecer el posible origen de la arena empleada para la correlación de estos morteros. Este índice lleva intrínseco un cierto grado de error por dos razones: la representatividad de la muestra (se parte de una sola muestra y de escaso tamaño) y la estimación es visual. No obstante en la correlación realizada se han tenido en cuenta todas las variables químicas y petrológicas.

MORTEROS DE LA FASE I.

Los morteros 1a, 2b y 3 son morteros con diferentes características tanto petrológicas como químicas.

El mortero 1a es un mortero con un gran contenido en arcillas, granulometría gruesa y elevada proporción de cuarzo en su árido. Por su disposición en la fábrica y sus características visuales, parece tratarse de un mortero de enfoscado o junta con la peculiaridad de que contiene tierras en su composición y que lo hace distinto al resto de morteros estudiados, tanto de esta fase como del resto de fases constructivas.

El mortero 2b también es un mortero singular por su proporción árido/aglomerante de 5/1 que no se ha registrado en otros morteros. Su granulometría es media, de granos homométricos y en el que las cantidades de cuarzo y feldespato en el árido son similares. Por otra parte su porosidad es muy baja respecto a los otros morteros, de un 5 %.

En su composición química, cabe resaltar el contenido en azufre y cloro que probablemente se deba a una contaminación por sales.

El mortero 3 contiene relación árido/aglomerante de 1/1 y su granulometría es heterométrica y fina, el 100 % de los granos se encuentra por debajo de 1 mm. La proporción de cuarzo respecto al feldespato es de 0,9, es decir, se encuentran en proporciones similares como en el caso de mortero 2b. Contiene un 10 % de granos de calcita. La porosidad del mortero es de 15 % que contrasta con el 5 % del mortero 2b.

Respecto a su composición química general, se encuentra cercana a los porcentajes del mortero 2b.

Este mortero en lo que a su granulometría se refiere es muy similar al mortero 6 y al mortero 7 de la fase constructiva IIa. Poseen un 100 % de finos y su relación árido/aglomerante es de 1/1. En cuanto a la composición química, entre el mortero 3 y 6 existen mayores semejanzas que entre el mortero 6 y el 7 de la misma fase constructiva.

De estas observaciones e interpretaciones, se podría concluir que la funcionalidad de este mortero es la de un enlucido o una capa de refino que se dispondría encima de la capa de enfoscado.

MORTEROS DE LA FASE IIa.

Las muestras consideradas dentro la fase constructiva IIa engloban a los morteros 4, 5a, 6 y 7. Son morteros de características petrológicas y químicas variables.

El mortero 4 posee una relación árido/aglomerante de 1/1 y su granulometría es media-fina (posee un 67 % de finos). Los granos son heterométricos, en los que el cuarzo es el mineral de mayor representación en una relación 1,5 respecto al feldespato.

Su composición química difiere del resto de morteros de esta fase constructiva por su baja proporción en calcio y su alto contenido en sílice que contrasta dada la proporción árido/aglomerante. Esta circunstancia se podría explicar si se tiene en cuenta los análisis efectuados por la empresa CPA, donde se mencionaba la existencia de morteros con caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) que aumentaría el contenido de silicio y aluminio en la muestra.

También contiene cloro, que como se ha mencionado en párrafos anteriores, su presencia se deba a sales o bien al tratamiento realizado con cloruro de bario.

Por su disposición en el monumento y sus características granulométricas se trataría de un mortero de enlucido con una proporción diferente al mortero 3 de la fase I que también se trata de un enlucido.

Mortero 5a. La granulometría de este mortero es gruesa (55 % de finos) de granos heterométricos y con una proporción árido/aglomerante es de 2/1. La arena empleada es rica en cuarzo, posee una relación cuarzo/feldespato de 1,9.

Respecto a su composición química, es destacable la elevada existencia de yeso, también detectado en lámina delgada al igual que ocurre con el mortero 6 de esta misma etapa constructiva, cuyas composiciones químicas son similares.

Por su puesta en obra y por sus características granulométricas parece tratarse de un mortero de enfoscado.

Mortero 6. La relación árido/aglomerante es de 1/1 y su granulometría heterométrica y fina (100 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 1,3.

Como ya se ha adelantado en párrafos anteriores, contiene una elevada proporción de azufre en su composición química, también observada en lámina delgada en forma de yeso.

Otro componente químico a destacar es la presencia de fósforo, que puede deberse a contaminación por sales o bien por la capa negra de betún con negro de humo, aunque no se ha detectado manganeso, no obstante el fósforo puede estar movilizado como sal y el manganeso no.

Este mortero en lo que se refiere a su granulometría presenta características muy parecidas al mortero 3 de la fase constructiva I. La relación Q/Fd (cuarzo/feldespatos) de 1,3 que se encuentra cercana a la del este mortero 3 (0,9) y al mortero 4, más que a la del mortero 5b (1,9), no obstante, en lo que se refiere a la composición química es un mortero muy similar al mortero 5b.

Por lo tanto, el mortero 6 cumple la función de enlucido o capa de agarre similar en composición al mortero 5b.

Mortero 7. La relación árido/aglomerante es de 1/1 y su granulometría heterométrica y fina (100 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 1,9) destacando la elevada proporción de calcita como árido (18 %).

Respecto a su composición química, el alto porcentaje de calcita en el árido, disminuye los porcentajes relativos de los otros elementos detectados. Por lo que su comparación no resulta efectiva.

MORTEROS DE LA FASE IIb.

Los morteros tomados como fase constructiva IIb son los morteros 8a y 9 y poseen entre ellos algunas características semejantes

Mortero 8a. La relación árido/aglomerante es de 2/1 y su granulometría heterométrica y media-fina (70 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 1,8.

Mortero 9. La relación árido/aglomerante es de 3/1 y su granulometría heterométrica y media-fina (69 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 2,1 y posee un 10 % de granos de micrita y 2 % de yeso.

Aunque la relación árido/aglomerante varía de uno a otro mortero son morteros con grandes semejanzas respecto a su granulometría, relación Q/Fd y composición química.

Son morteros, que por su granulometría y puesta en obra, corresponderían a de morteros de enfoscado o junta.

Estos morteros de la fase IIb son parecidos químicamente a los morteros 5b y 6 de la fase IIa. El mortero 9 también contiene yeso en el árido como estos morteros de la fase IIa. También la relación Q/Fd de los morteros 8 y 9 es similar al del mortero 5b.

MORTEROS DE LA FASE IV

Los morteros 14, 15, y 17a, en la toma de muestras se han englobado en la fase IV.

Mortero 14. La relación árido/aglomerante es de 3/1 y su granulometría homométrica y gruesa-media (54 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 1.

Respecto a su composición química guarda una estrecha semejanza con el mortero 17a.

Mortero 15. La relación árido/aglomerante es de 2/1 y su granulometría heterométrica y media (63 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 3, es decir se trata de una arena muy rica en cuarzo.

Su composición química es similar al mortero 2b (fase constructiva 1), aunque en cuanto a la relación, entre cuarzo/feldespato, y otras características granulométricas no parecen coincidir.

Mortero 17a. La relación árido/aglomerante es de 3/1 y su granulometría heterométrica y media (62 % de finos). La relación de cuarzo respecto al de feldespatos en el árido es de 1,3. Contiene un 15 % en calcita como árido.

En esta fase constructiva guarda una estrecha semejanza, en cuanto a su composición química y granulométrica, el mortero 14 y 17a mientras que el mortero 15 no parece coincidir en ninguna característica con los morteros de esta fase.

Las características químicas de los morteros 14 y 17a parecen tener ciertas similitudes con el mortero 7.

BIBLIOGRAFÍA

-Álvarez, J.I., Martín, A. y García, P. J (1995) "Historia de los morteros. Materiales y técnicas". PH Boletín Informativo nº13 IAPH Sevilla: 52-59.

-Moropoulou, A, Polikreti, K et al. (2003): "Correlation of physicochemical and mechanical properties of historical mortars and classification by multivariate statistics. Cement and Concrete Research, vol. 33. Pergamon (Elsevier Science).

-Sepulcre Aguilar , A. (2003) "Tópicos comunes en la elaboración y uso de los morteros de restauración de fábricas". Pátina, nº12 ESCRBC, Madrid: 29-39.

- Louis, M., Prado, R., Spairani, Y. and García, E., (2000)"Characterisation of Mortars for Architectural Restoration". 5º International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin., p.p. 245-248. Sevilla

APLICACIÓN DE HORMIGON MASIVO EN LA RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA PUERTO INCA –MOLLETURO – CUENCA, EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Gastón Proaño Cadena⁽¹⁾

*(1)Escuela Superior Politécnica del Litoral. Prosperina Km. 30.5 vía Perimetral. Guayaquil. Ecuador.
E-mail: gproano@espol.edu.ec*

RESUMEN

La carretera Puerto Inca – Molleturo – Cuenca, es una de las vías más grandes para el enlace entre las ciudades de Guayaquil y Cuenca. A esta vía tiene acceso directo el tráfico que viene del sector suroeste del país. El trazado de la carretera interviene formaciones geológicas de origen volcano-sedimentarias y rocas intrusivas de tipo granito, estando todas ellas muy alteradas y tectonizadas.

Durante los últimos 20 años la superficie de rodadura de la carretera estaba conformada por carpeta asfáltica que cada año requería reparación y una necesaria sustitución. Las características de los materiales que conformaban la capa de rodadura y las condiciones del clima, favorecían al proceso de deterioro de la carpeta asfáltica.

El actual Gobierno del Ecuador para dar una solución que garantice el tráfico de forma ininterrumpida y evitar los costos de reparación anual de esta importante vía, decidió construir la carretera con la colocación de una carpeta de hormigón masivo.

El estudio de los materiales utilizados en la fabricación del hormigón masivo como los agregados de río, tipo de cemento, calidad del agua y control de la temperatura de fraguado, es el tema central de este trabajo. El estudio de los materiales que participan en la mezcla del hormigón masivo, colocación, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y trabajabilidad del mismo, es la contribución del presente artículo.

ABSTRACT

The Puerto Inca - Molleturo - Cuenca is one of the greatest ways for the link between the cities Guayaquil and Cuenca. This accessed via the traffic that comes from the southwest sector. In the course of the wings involved road type formations volcano-sedimentary and granite-type intrusive rocks that are very emotional.

Over the past 20 years the rolling surface of the road consisted of asphalt each year and necessary repairs required replacement, the characteristics of the materials that make up the pavement and weather conditions contribute to the process of deterioration in the folder asphalt.

The Government of Ecuador to a solution that ensures uninterrupted traffic and avoid the costs of repairing this important road, decided to build the road with the placement of a rigid pavement folder.

The experience of the use of the materials involved in the mix of rigid pavement, placement, field tests, laboratory tests and workability of it is part of this article.

The materials used in the mixture corresponds to the river sand, river gravel aggregates, Portland cement type, water quality and temperature controlled setting is the central theme of

the presentation. Currently the road is operational and in the first year after construction to monitor the behavior is continuous.

INTRODUCCIÓN

El hormigón masivo es definido por la norma ACI 207.1R como: "cualquier volumen de hormigón con dimensiones lo suficientemente grandes como para exigir que se adopten medidas para hacer frente a la generación de calor de hidratación del cemento y el consecuente cambio de volumen para reducir al mínimo las grietas". Esta definición no provee una medida específica y muchos autores han desarrollado sus definiciones de hormigón masivo. Por ejemplo, el hormigón masivo está definido por algunas entidades como "cualquier elemento de hormigón que posea una arista mínima mayor a 3 ft (0.9 m)". Otras agencias usan dimensiones mínimas diferentes, partiendo de 1.5 a 6.5 ft, dependiendo de las experiencias previas (0.46 para 2.0 m).

El Hormigón Masivo ha sido ampliamente utilizado en la construcción de presas, es aquí en donde se identifica por primera vez la relación agrietamiento-temperatura. Esta relación también se ha experimentado en otras secciones en estructuras de hormigón que incluye, cimentaciones, pilotes, pilas de puentes, muros, y diversas estructuras más.

Las propiedades principales del Hormigón Masivo son: durabilidad, economía, acciones térmicas, quedando en segundo lugar la resistencia a la compresión. Altas resistencia a la compresión usualmente no son requeridas en los Hormigones Masivos (existen excepciones). La característica que distingue al Hormigón Masivo de otro tipo de hormigón es el comportamiento térmico. La reacción agua-cemento es exotérmica por naturaleza, la temperatura se eleva en el interior del hormigón donde la disipación de temperatura es lenta lo que provoca un aumento de temperatura considerable. Importantes fuerzas de tensión y esfuerzos pueden desarrollarse asociado a un cambio volumétrico dependiente del incremento o disminución de temperatura en la masa de hormigón.

Las medidas de prevención deben ser tomadas donde el agrietamiento debido al comportamiento térmico puede causar pérdida de la integridad estructural y acción monolítica, o puede causar excesiva infiltraciones y acortamiento de la vida útil de la estructura, o puede ser estéticamente inadmisibles.

MATERIALES Y METODOS

Datos Generales de la Obra:

FOPECA S.A. Es la compañía constructora responsable de la colocación del Hormigón Masivo en la vía Puerto Inca –Molleturo– Cuenca. Contrato que tiene un monto de 54'713.256,52 de dólares americanos. La fiscalización de esta obra está a cargo de la empresa Trazados.

La longitud total de pavimentación con Hormigón Masivo es de 111.92 Kilómetros que comunica a Cuenca con Guayaquil, desde el tramo comprendido entre la Y de Sayausí, kilómetro siete, hasta el Empalme con la vía Guayaquil – Machala, en el sector de Puerto Inca.

Para la ejecución de las actividades se han establecido 4 frentes de trabajo con 3 plantas de hormigón, una en Sayausí, la segunda en Hierba Buena y la tercera en Tamarindo.

También, se cuenta con una planta de trituración a la altura del río Norcay, en la parte costanera.

La compañía cuenta con el equipo de trabajo que consta de 14 vehículos mezcladores y transportadores de hormigón, 2 tractores, 2 excavadoras, 2 cargadoras, rodillos vibratorios, mini cargadoras, moto niveladoras, un laboratorio para control de calidad Fopeco, otro de la fiscalización y un tercero de la Subsecretaría Regional. Los frentes de trabajo se encuentran en los kilómetros 8, 26, 62, 82 y 105. Distribuidos estratégicamente para satisfacer correctamente la operatividad de la obra.

Datos Técnicos de la Obra

Esta vía está diseñada para la colocación de pavimento masivo de un espesor de 20 cm en toda su Longitud, la resistencia a la flexión es de 350 kg/cm² y cuenta con tecnología de punta en la colocación del Hormigón Masivo mediante una pavimentadora. Tiene un ancho de 13,60 conformada por dos carriles, en cada carril tiene paños de 3,80m x 4,50m y de 3,00m x 4,50m colocados paralelamente, estas secciones son iguales al carril adyacente.

La rehabilitación de esta vía aprovechar la estructura existente de asfalto dándole un tratamiento especial con la utilización de un geotextil NT 1500 humedecido donde se aíslan las capas de rodadura entre asfalto y hormigón, este proceso que se está usando se denomina whitetopping.

Armadura en el Hormigón Masivo.

La armadura en el Hormigón Masivo va dispuesta en las juntas transversales y longitudinales que están diseñadas por medio de dowles, es decir, son canastillas de hierro que van colocadas de tal manera que coincida su eje neutro con el trazo de la junta transversal del paño de la losa y los diámetros de la armadura de los dowles son de 10-25mm. Uno de los extremos de los pasadores de la varilla de 25 mm va fijado con suelda en la canastilla base y el otro queda libre junto con una capsula de polietileno y grasa para que permita el libre desplazamiento de la dilatación del hormigón una vez que este haya fraguado, los dowles van anclados con clavos de acero para que durante el vaciado del hormigón no se vayan a desplazar y se cometan errores al trazar las juntas. En la fotografía 1 se puede ver la colocación de la armadura de acero.



Fotografía 1. Colocación de armadura metálica para soporte del Hormigón Masivo

Los dowles tienen una altura que va desde su base hasta antes de los 6 o 7 cm de la parte superior del espesor de la losa, previniendo así que al momento de realizar el corte de la losa para la junta, el disco de la cortadora eléctrica no los vaya a afectar.

Planta Procesadora de Agregados y del Diseño del Hormigón Rígido.

El diseño del Hormigón Masivo se lo produce en la planta del frente Tamarindo que está ubicada en el kilometro 118 junto al río Norcay donde se extrae los materiales de origen aluvial. Aquí se explota todo el material de la mina el cual es llevado a un proceso de trituración donde se obtiene el tamaño nominal de 1.5" para el pavimento hasta tamaños más finos. La arena que se emplea para la confección del hormigón se la obtiene de la mezcla de arena fina traída del río Bulubulo en la Troncal y arena gruesa del río Norcay.



Fotografía 2. Vista de la Planta de trituración y clasificación de los agregados

Este hormigón tiene una resistencia de 350 kg/cm² y las proporciones del agregado son: 62% en triturado grueso, 38% en arena y 380 kg/m³ de cemento, en este diseño el asentamiento ideal es 7cm \pm 2,5 cm (el rango que la fiscalización acepta es hasta 10 cm por arriba entre 7cm que es el rango mayor y por debajo 1,5 cm o 4,5cm que es el mínimo).

Colocación del Hormigón en la Vía Puerto Inca-Molleturo

Al Hormigón Masivo que es colocado en la vía se le toma una prueba de asentamiento verificando que cumpla con las variaciones permisibles dispuestas en las especificaciones técnicas, una vez chequeado el fiscalizador autoriza el tendido del hormigón; y si el hormigón llega a estar muy fluido se envía de regreso el carro a la planta, allí se lo vuelve a dosificar y se le pone un poco más de cemento, sin variar la relación agua-cemento para obtener el asentamiento deseado, caso contrario si llega muy duro se le controla con aditivo en este caso es el 204R en Aditex que es un aditivo retardante y plastificante que le da trabajabilidad al hormigón.

Una vez que llega el hormigón transportado por los mixer este es vaciado en los paños previamente preparados para su fundición (geotextil NT 1500 humedecido, la armadura y encofrado), atreves de un canalón con movimientos que van de derecha a izquierda. Una cuadrilla de obreros con el uso de palas y rastrillos se encarga de complementar el regado de manera uniforme, preparando para el paso de la pavimentadora, esta máquina se encarga de compactar y dar el acabado deseado del pavimento rígido, la terminadora tiene

tres rodillos: dos exteriores y uno central (uno de arrastre, uno de corte y uno de alisamiento), junto con un sistema de vibración. En la fotografía 3 se puede apreciar la colocación del hormigón en la vía.



Fotografía 3. Colocación del Hormigón Masivo sobre el geomanto

El sistema de vibración consiste en evitar que se formen los hormigueros así como también, para nivelar el hormigón, sacar el aire y el agua, es decir homogeneizar la mezcla (que toda la mezcla esté unida uniforme), es decir que exista uniformidad bien graduada en el control de la temperatura en los agregados del fundido.



Fotografía 4. Planta pavimentadora utilizada en la colocación del Hormigón Masivo

Este proyecto parte desde los 20m sobre el nivel del mar aproximadamente hasta los 4000m que es la parte más alta del sitio Tres Cruces; dadas estas condiciones se tiene una gradiente térmica con variación muy considerable, por la que existe mucha retracción y contracción, afectando a tal punto que las losas se puedan partir.

Por tal razón se debe controlar la temperatura en el hormigón que no sobrepase los 32° C. puesto que con un exceso este se reseca rápidamente, acelerando su fraguado y produciéndose agrietamientos que es perjudicial en su resistencia de diseño. La temperatura

con la cual se está controlando en planta es variable y está alrededor de los 24°C, 26°C o 27°C, lo recomendable es que se controle cuando una vez tendido o puesto e obra adquiera los 32°C como máximo.

Curado del Hormigón Rígido.

Una vez colocado y nivelado el Hormigón Masivo se realiza el proceso de curado, que es una tecnología conocida como manta térmica, que consiste en colocarle al hormigón, una capa de roseado de curador (aditivo) esta es una película blanca que funciona como un bloqueador solar que logra que el agua de sudación no se evapore demasiado rápido, esta aplicación ayuda mucho a la contracción térmica, luego se cubre el hormigón con geotextil humedecido, se le coloca un plástico y sobre este lleva cubierto otra manta de geotextil, de esta manera se forra la losa y se crea una cámara de curado, este mecanismo ayuda a evitar los efectos de los cambios bruscos de temperatura.



Fotografía 5. Nivelado del Hormigón Masivo y rayado de adherencia

Trazado y Relleno de Juntas.



Fotografía 6. Maquina cortadora de hormigón

Para el trazado de las juntas se emplea una maquina liviana que tiene en su haber un disco de corte de 14" de 5mm de ancho, los cortes que se realizan en el pavimento son de cada 4.50 m a lo largo de la vía conformando los paños con medidas de 4.50 x 3.80 y 4.5 x 3.00.

El tiempo de corte se calcula exactamente en el momento en que la losa sostiene peso por sí mismo, está calculado entre 6 a 8 horas. La manera práctica para determinar cuando la losa esta lista para ser cortada es cuestión de rutina, el cortador debe saber el momento para realizar el corte estar pendiente y calcular la hora en que llegó el primer carro (mixer), una vez transcurrido este tiempo los cortadores hunden el dedo en el hormigón y deducen la dureza del mismo, y si soporta el peso ellos empiezan a cortar, pero si se empieza a despostillar ellos no proceden y esperan el momento adecuado.

En el relleno de las juntas se coloca un sellante polilon (cordón sintético) y luego lleva un producto sellaflex, es para evitar el ingreso de agua, arena, u otros materiales que perjudiquen la correcta función de la junta.



Fotografía 7. Maquina cortadora de hormigon

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Presencia y Reparación de Fisuras en la Vía.

Por lo general en todo pavimento rígido existe la posibilidad de la presencia de fisuras cuando no se ha tomado todas las recomendaciones de trabajabilidad y la aplicación íntegra de las especificaciones técnicas del diseño. La aparición de las fisuras en el sentido transversal en la vía se da por varios casos:

Cuando el hormigón viene con diferentes tipos de asentamientos, ejemplo (el primer vehículo viene con un hormigón de asentamiento de 10 cm y el próximo viene con un asentamiento 5 o 4, la parte del paño que tiene 5 o 4 va a fraguar más rápido) este cambio de temperatura que hay entre un hormigón y otro va a partir la losa.

El otro caso se da por corte tardío, quiere decir que los cortadores no calcularon a tiempo el momento en que empezó a fraguar el hormigón, puesto que la placa y la losa ya empezó a trabajar con anterioridad y al momento de realizar el corte esta se parte, debido a esto entonces se les dice que corten saltando un paño.

En el caso de aparición de fisuras se procede a reparar abriendo o cortando 50 cm de cada lado de la fisura, y posteriormente se pone un metro de Hormigón Masivo debidamente compactado. Si se tiene la presencia de fisuras en el sentido longitudinal se lo puede reparar con un sellante si la fisura no es de mayor consideración, si es pronunciada allí si toca sacar todo el paño completo debido a que estas son perjudiciales dado que el problema viene desde abajo, y una reparación no sería la más conveniente.

Control de Evacuación de Aguas Lluvias.

La vía está diseñada con obras de arte complementarias tales como la construcción de bordillos que sirve para la conducción y evacuación de las aguas lluvias transportadas por los márgenes de la vía. A lo largo de los bordillos aproximadamente cada 50m lineales de longitud se dejan chaflanes aberturas que sirven para la descarga directa de estas aguas hacia un costado de la vía debidamente canalizados.



Fotografía 8. Colocación de relleno en juntas

CONCLUSIONES

Las vías principales del país como la carretera Puerto Inca-Molleturo-Cuenca tenían como capa de rodadura una carpeta de asfalto que cada año requería de mantenimiento.

La decisión del gobierno para que esta carretera sea construida en su totalidad por una carpeta de hormigón Masivo es una condición positiva tanto para usuarios como para el estado ecuatoriano.

La vida útil de la carretera se prolonga y se evita el malestar continuo de estar en reparación y reconstrucción.

Los materiales de construcción son de origen fluvial y poseen buena calidad tanto por su origen y composición mineralógica.

La calidad de los materiales granulares y del Hormigón Masivo cumple con todas las normas tanto del Ministerio de Obras públicas, así como, las normas internacionales aplicadas en este tipo de Hormigón.

El control de calidad de la mezcla obtenida en planta y del Hormigón Masivo cuando se coloca en obra ha sido muy riguroso y cumple con las especificaciones técnicas descritas en el contrato de trabajo.

Esta presentación sirve para señalar como las carpetas flexibles están siendo sustituidas por carpetas de Hormigón Masivo.

Los beneficios de utilizar Hormigón Masivo para los usuarios de la carretera, habitantes del sector y el desarrollo sustentable del turismo son invaluables y será un ejemplo para mejorar las vías de los países vecinos.

BIBLIOGRAFÍA

Buron, M. (2009). Sostenibilidad de las carreteras y de las Estructuras de Hormigón, 12 p.

Carrau, JM. (2006). Sostenibilidad y hormigón preparado. Nuevas tendencias del hormigón en el ámbito de una construcción sostenible". CEDEX-ACHE. Madrid.

Jofré, C. (1996). Balance del empleo de las técnicas de prefisuración de bases tratadas con cemento en España. Rutas nº54.

Rodas, R. (1982). Carreteras, Calles y Aeropistas.

Sánchez de Guzmán, D. (2000). Tecnología del Concreto y del Mortero

MODELIZACIÓN DE PARÁMETROS DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO MINERO: LA VOLADURA COMPUTERIZADA.

Jorge Castilla Gómez⁽¹⁾, Juan Herrera Herbert⁽¹⁾

(1) Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. E.T.S. de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Alenza 4, 28003. Madrid (España)

E-mails: jorge.castilla@upm.es, juan.herrera@upm.es

RESUMEN

El proceso de extracción minera por perforación y voladura es el primer paso para la obtención de la mayor parte de los áridos y para la fabricación de los materiales de construcción. Por tanto, es de vital importancia la obtención de una materia prima de calidad al coste más competitivo posible. En este trabajo se establece una metodología para la optimización de voladuras a cielo abierto, empleando herramientas para obtener los datos más precisos y poder conocer cualitativa y cuantitativamente los parámetros reales de voladura. Así, se establecen tres fases de trabajo: Herramientas para el diseño de voladura; herramientas para la monitorización y herramientas para el análisis de resultados. Con la conjunción de estas tres fases y la correcta interpretación de los resultados, se puede obtener un resultado óptimo en el proceso minero, puesto que será posible mejorar la fase de perforación optimizando el número de barrenos y la fase de voladura, asegurando un adecuado comportamiento del explosivo en términos de energía y secuenciación. Los medios empleados se basan en la adquisición de datos mediante técnicas láser, monitorización digital de la voladura y medios de simulación y predicción de resultados mediante análisis informáticos de los datos obtenidos. Además, se consigue controlar las afecciones medioambientales de las voladuras, tales como vibraciones, proyecciones y onda aérea. La metodología descrita es un sistema cíclico de modo que los resultados obtenidos en la fase de análisis, servirán como datos de partida de voladuras posteriores. Así se logra el concepto de voladura computerizada.

ABSTRACT

Drilling and blasting mining process is the first stage of aggregates extraction for construction materials manufacturing. So, obtaining a high quality, cheap and competitive products are so important. In this paper an open pit blasting optimization methodology is described, using several tools to get the most accurate data to know and quantify the actual blasting parameters. Thus, three phases are established: blast design tools, monitoring tools and analysis tools. Merging those three phases, and through a right results interpretation, an optimum mining process results can be obtained. Thereby, a right borehole drilling pattern could be designed to ensure a correct blasting performance, both in energy distribution and timing. Tools used are based on using laser techniques, digital blast monitoring and simulation and prediction software. Thus, environmental effects can be managed properly, such as vibrations, flyrock and airblast. Methodology described consists on a cyclic method, and data obtained in each stage can be used as a next stage feedback. Using that methodology, computerized blast can be achieved.

Palabras clave: Minería, voladura, simulación, monitorización, optimización, análisis.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los trabajos de extracción de roca son muchos los parámetros que influyen en el proceso. De este modo es necesario tener en cuenta aquellos factores que son determinantes en las características de cada explotación.

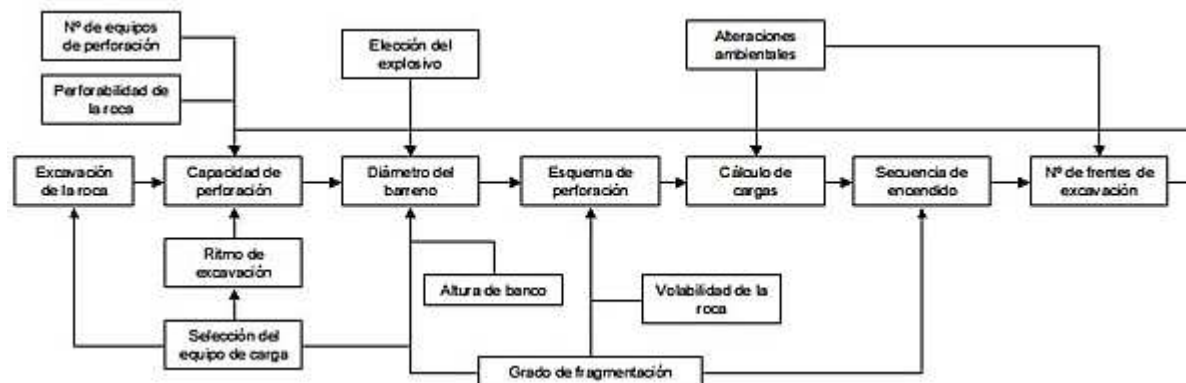


Figura 1: Planificación de una explotación de áridos

En este trabajo se pretende plantear una metodología para poder analizar diferentes aspectos de voladuras en canteras de áridos, con el fin de lograr una optimización de los medios disponibles en cada una de las fases de la explotación. De este modo se describen herramientas útiles para poder valorar cualitativa y cuantitativamente las diferentes fases de la voladura. Estas herramientas se van a clasificar en diferentes clases, en función del tipo de análisis a realizar. De este modo, el estudio se va a dividir en diferentes fases:

Estudio previo a la voladura

Monitorización durante la voladura.

Análisis posterior a la voladura.



Figura 2: Fases para el análisis

El análisis previo a la voladura comprende el estudio del banco de la cantera a volar; la definición de la malla de perforación, así como el estudio energético de la voladura. En este

análisis también estaría incluido el empleo de modelos teóricos del terreno para la predicción de afecciones medioambientales.

El análisis durante la voladura se centra en la monitorización de la misma para poder hacer análisis posteriores, por medio de empleo de grabación de video de alta velocidad, registro de ondas sísmicas y onda aérea generadas, y comportamiento del explosivo en el barreno.

El análisis posterior a la voladura comprende el estudio de los datos adquiridos durante la misma, así como el análisis digital del material volado

Las voladuras en canteras de áridos, y en todas las voladuras en general, se ejecutan en un determinado macizo rocoso. Debido a la naturaleza del mismo este macizo hay que considerarlo como un medio heterogéneo del cual vamos a conocer sus propiedades con cierta incertidumbre. De este modo, es preciso analizar este medio para minimizar este grado de incertidumbre.

Las propiedades del macizo rocoso son variables y por tanto el diseño de las voladuras debe adaptarse en función de estos cambios. Por este motivo, es necesario fijar ciertas propiedades y considerarlas conocidas para poder modelizar el macizo rocoso, con el fin de establecer un diseño inicial con la mayor exactitud posible.

De este modo se puede recurrir a leyes y modelos teóricos, que nos permitan predecir los resultados de las voladuras. Así pues dentro de las propiedades del macizo rocoso se deben conocer:

Tipo de roca

Densidad

Resistencia a compresión

Índice de volabilidad.

Datos geométricos del banco

Fragmentación deseada en función del destino del material y equipos disponibles.

Este factor es importante ya que, por ejemplo, no es lo mismo diseñar voladuras para emplear el material resultante como árido para hormigones que diseñar una voladura para la obtención de escollera.

HERRAMIENTAS A EMPLEAR PREVIAS A LA VOLADURA

Perfilometría 2D

Este sistema consiste en una modelización digital del terreno con el fin de conocer en cada punto los parámetros geométricos del banco a volar. Es posible determinar la altura de banco real, el repié existente así como la presencia de cavernas u oquedades en el terreno que nos puedan ser potenciales puntos de sobrecarga de barrenos.

La perfilometría 2D se realiza por medio de un dispositivo láser que realiza perfiles individuales del frente de voladura, de modo que sea posible realizar el análisis de la piedra presente en cada uno de los barrenos de la primera fila de la voladura, para poder ajustar la carga de cada uno de estos barrenos a la piedra real existente en cada punto. El análisis de

los datos es inmediato por la posibilidad de ver el resultado sobre un dispositivo portátil tipo PDA.

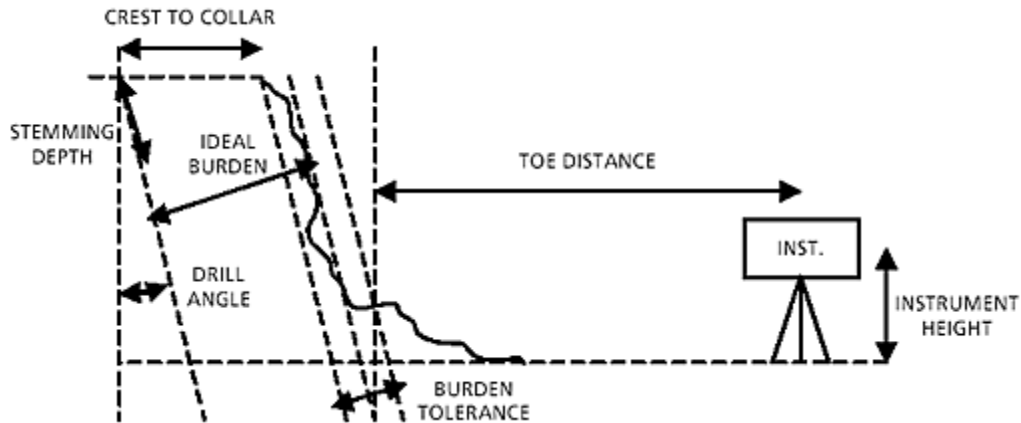


Figura 3: Parámetros obtenidos de la Perfilometría 2D

Las mediciones obtenidas pueden compararse con los parámetros teóricos diseñados para cada voladura.

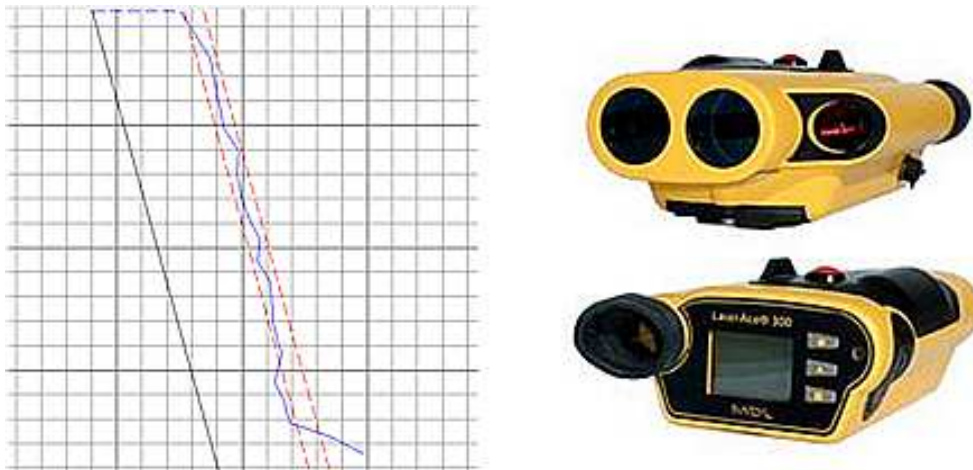


Figura 4: Ejemplo de resultados obtenidos con perfilometría 2D

Perfilometría 3D

La perfilometría en tres dimensiones se realiza, al igual que la 2D, pero con la posibilidad de obtener un perfil digital del frente de la voladura. De este modo es posible analizar de manera conjunta todos los barrenos y la piedra asociada a cada uno.

El análisis en tres dimensiones es mucho más potente que el análisis en 2D ya que es posible realizar un estudio global del banco objeto de estudio y ofrece la posibilidad de completar los datos obtenidos con datos obtenidos de otras aplicaciones, como por ejemplo datos de desviación de barrenos.

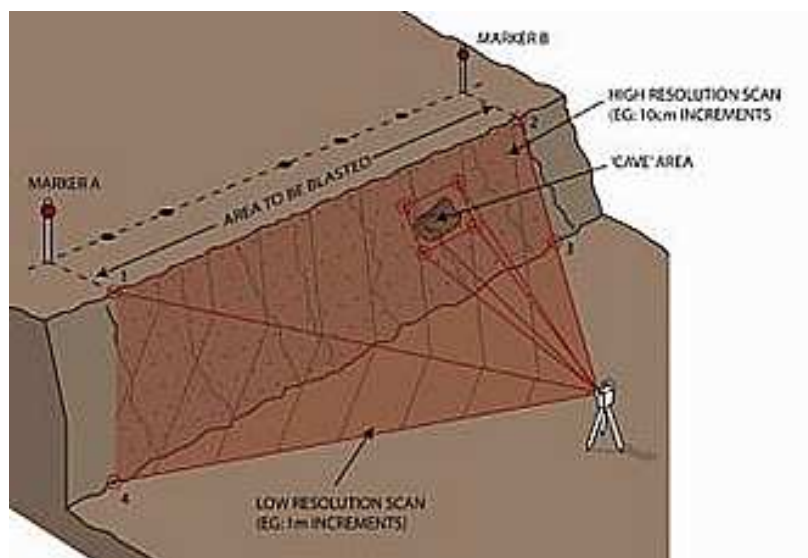


Figura 5: Perfilometría 3D

Determinación de la dirección real de los barrenos

Una herramienta de vital importancia para poder optimizar los resultados de una voladura es la determinación del estado de la perforación de los barrenos. Este parámetro se puede evaluar determinando la dirección real de los barrenos de una voladura. Es común que muchos de los pobres resultados de una voladura, así como problemas de proyecciones y repiés, sean debidos a una perforación deficiente. Esta perforación deficiente puede estar debida por diferentes motivos:

Error de emboquille.

Error de inclinación.

Desviación a lo largo del barreno.

De estos errores, el más difícil de determinar es la desviación producida a lo largo del barreno. Esta desviación puede estar provocada por una mala elección de los parámetros de los equipos de perforación (una excesiva fuerza de empuje puede provocar desviaciones, por ejemplo) o bien por motivo de la geología del macizo, ya que las fracturas del macizo son zonas de debilidad que hacen que la barrena de perforación escoja ese camino para la perforación del barreno.

Para determinar la dirección real de los barrenos se utilizan diversos sistemas aunque el procedimiento empleado es similar. Consiste en introducir una sonda en el interior del barreno dotada de dos inclinómetros o brújulas que nos van a indicar la desviación en función de la profundidad.

La sonda puede introducirse en el barreno por medio de barras rígidas articuladas o bien por medio de elementos flexibles.



Figura 6: Sonda de determinación de dirección de barrenos con cable

Una mala perforación da lugar a posibles zonas sobrecargadas de explosivos, pudiendo provocar proyecciones, o bien a zonas donde la piedra real es demasiado grande, de modo que aparezcan repiés en el pie de banco de la cantera.

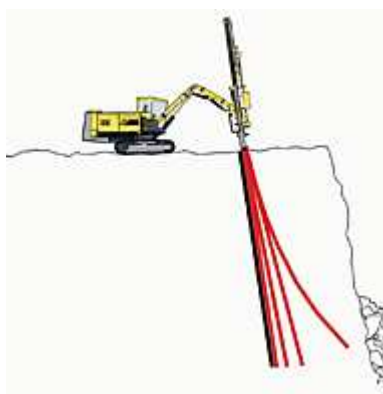


Figura 7: Desviación de la perforación y su influencia en la piedra de la voladura

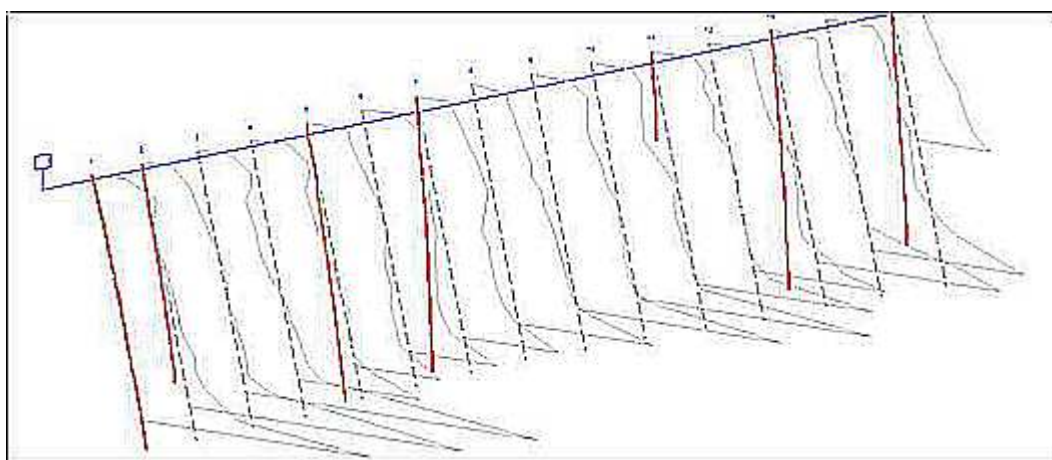


Figura 8: Resultados de la determinación de la dirección real de los barrenos (Vista 3D)

Simulación de la voladura

Una vez recogidos los datos expuestos anteriormente y junto con los parámetros geomecánicos del macizo rocoso es posible emplear herramientas que hagan una simulación de la voladura para poder predecir los resultados de la misma.

Existen herramientas basadas en programas informáticos que, mediante la aplicación de modelos teóricos es posible ajustar los parámetros de diseño de la voladura.

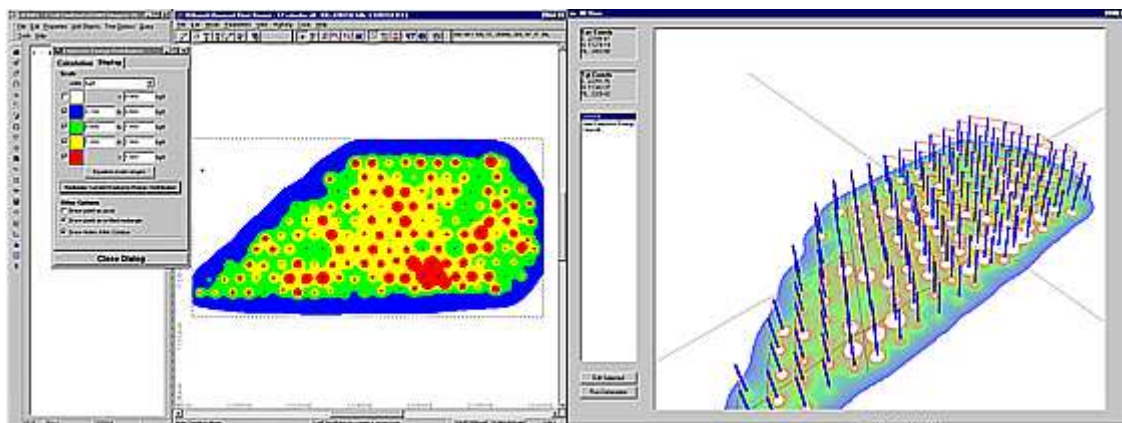


Figura 9: Distribución energética de la voladura (en rojo puntos de sobrecarga de explosivo)

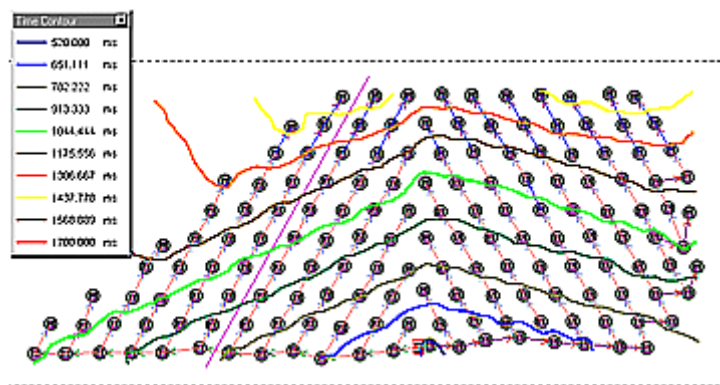


Figura 10: Simulación de los frentes de voladura en función de la secuenciación.

Herramientas a emplear durante la voladura.

Durante el desarrollo de la voladura es posible emplear herramientas que nos ayuden a evaluar los resultados de una voladura, de modo que podamos actuar en consecuencia si es necesario, en función de los resultados obtenidos.

Las herramientas van a basarse en el estudio del comportamiento del explosivo dentro del barreno y en un control visual de la voladura para detectar posibles puntos de actuación, mediante la adquisición digital de imágenes.

Medición de la velocidad de detonación.

Aunque la velocidad de detonación de un determinado explosivo es un parámetro proporcionado por el fabricante, éste dato se ha determinado mediante ensayos normalizados, para permitir la comparación de este dato entre diferentes explosivos. Las condiciones reales de uso del explosivo son dependientes de muchos factores que, en muchos casos, no podemos controlar. Este es el caso por ejemplo de la presencia de agua en los barrenos, humedad de los barrenos y afecciones de un barreno sobre otro adyacente, entre otros. Por este motivo es muy interesante determinar la velocidad real de detonación en una voladura.

Uno de los sistemas empleados para este fin es la colocación de un cable a lo largo del barreno de modo que este se vaya destruyendo por efecto de la detonación del barreno, registrando la variación de resistencia del mismo, por medio de equipos apropiados. Este cable es un cable coaxial de resistencia calibrada y el equipo de registro es un generador de corriente continua que registra, como se ha dicho, la variación de resistencia del circuito.

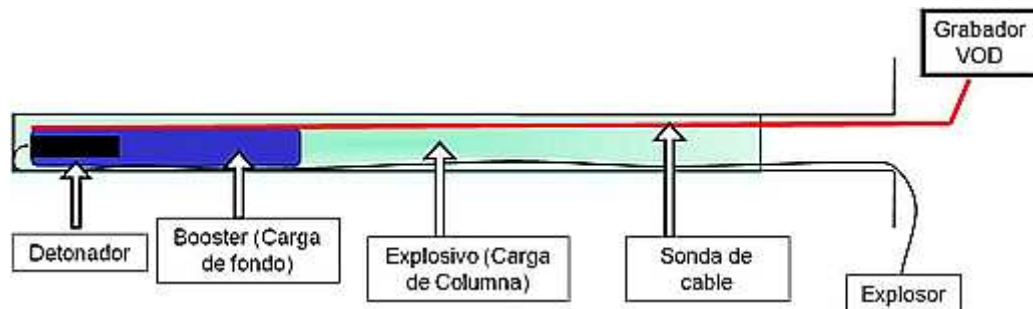


Figura 11: Diagrama de funcionamiento de la medición de velocidad de detonación

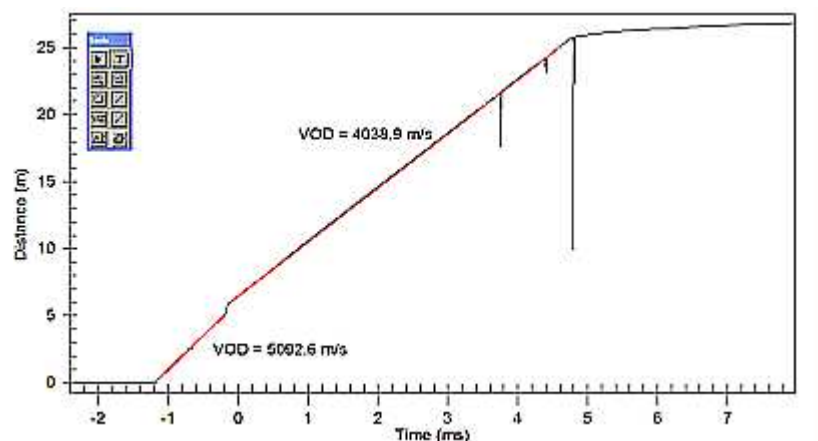


Figura 12: Ejemplo de resultado de medida de la velocidad de detonación

Grabación de la voladura mediante cámara de alta velocidad.

Como la duración a cielo abierto de una voladura está entre unas décimas de segundo hasta unos pocos segundos, el ojo humano no es capaz de diferenciar algunos de los fenómenos

que se producen durante la misma. Es importante recordar que los barrenos están secuenciados del orden de milisegundos (0,001 segundos).

Para poder detectar posibles efectos que pasan desapercibidos es posible grabar la voladura con cámara de alta velocidad, de modo que pueden registrarse hasta 1000 imágenes por segundo (fps). Una vez captada esa imagen, se reproduce la voladura a 10, 30 ó 100 fps, por ejemplo, de modo que podamos detectar fallos de secuenciación, escape de gases por el frente, efectividad del retacado, movimiento de la pila de material volado...

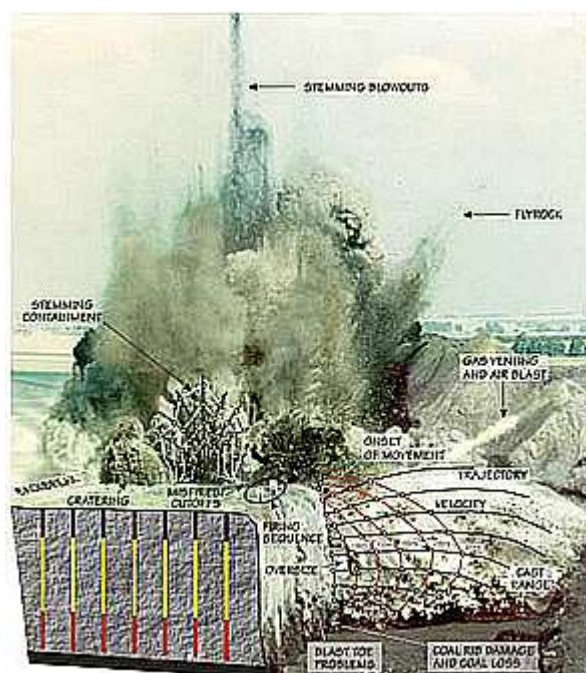


Figura 13: Parámetros observables en una grabación con cámara de alta velocidad

Herramientas a emplear después de la voladura.

Una vez realizada la voladura es necesario analizar si los resultados obtenidos se corresponden con los esperados.

Una mala fragmentación puede hacer necesario la realización de voladuras secundarias o taqueos, o bien, la necesidad de romper los sobretamaños mediante medios mecánicos, con el sobrecoste añadido que supone.

El tamaño máximo deseado en voladuras a cielo abierto en canteras de áridos vendrá definido por la capacidad de la planta de tratamiento, en concreto por el tamaño máximo de admisión del triturador primario.

Del mismo modo, con una fragmentación adecuada es posible la optimización de los equipos de carga y transporte, pudiendo trabajar ambos a plena capacidad, sin pérdidas de tiempo de ciclo ni viajes a media carga por tener que transportar grandes bloques de roca.

Otro aspecto que optimiza del mismo modo la carga del material volado es la posición de la pila después de la voladura. Dependiendo del tipo de equipo de carga disponible es preferible una posición de pila de material volado diferente. Así, para la carga de material

mediante pala cargadora es preferible una pila extendida y para el empleo de retroexcavadora la carga óptima se corresponde con una pila más compacta y elevada.

Estos aspectos descritos se pueden analizar mediante estudios de fragmentación y herramientas para el análisis del movimiento de la pila de material durante la voladura.

Análisis de la granulometría de la voladura.

Un parámetro que va a definir el resultado de una voladura es la granulometría de la pila de material volado. La manera más exacta de conocerlo es saber las distintas fracciones que entrar a la planta de tratamiento y separar por medio de diferentes precibados las fracciones de interés. Pero este proceso no es nada operativo ya que las plantas de tratamiento en canteras de áridos no suelen poseer la disposición adecuada para este fin, además de la necesidad de trabajar de modo discontinuo. Por otro lado una misma planta de tratamiento es normal que procese el material procedente de las diferentes voladuras de diferentes bancos de una misma cantera.

Por estos motivos es muy útil el conocer de forma previa la granulometría de una pila de material volado. Existen herramientas que proporcionan de manera aproximada la granulometría de la voladura, mediante la adquisición digital de imágenes y el procesamiento de las mismas. El análisis consiste en la toma de imágenes de la pila, cubriendo cada una de las fracciones representativas de la voladura y, mediante programas adecuados, se determinan la distribución granulométrica de cada fotografía, obteniendo así una curva granulométrica de la voladura.

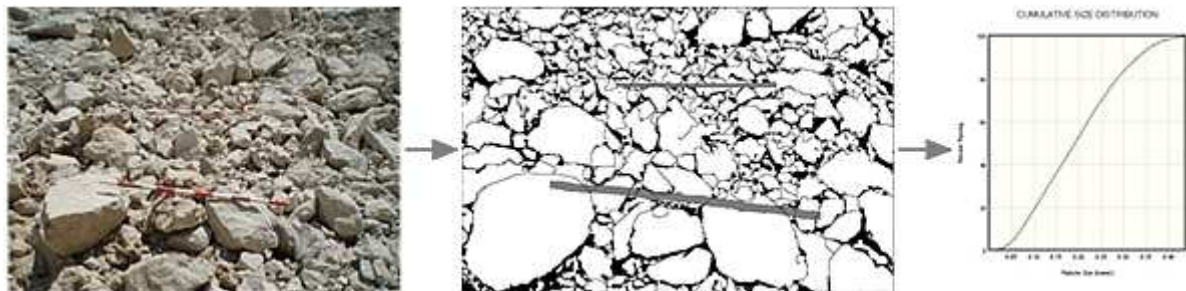


Figura 14: Secuencia de trabajo del análisis de fragmentación

Afecciones medioambientales

En el momento de aplicar los modelos teóricos se debe tener en cuenta las posibles limitaciones medioambientales que son frecuentes encontrar en explotaciones mineras a cielo abierto por la existencia de elementos sensibles a las voladuras: edificaciones cercanas, núcleos de población, infraestructuras...

Las afecciones medioambientales pueden tener los siguientes caracteres:

Vibraciones terrestres

Onda aérea

Proyecciones

Las vibraciones terrestres pueden predecirse mediante un estudio previo de vibraciones que consiste en establecer un modelo el terreno, para obtener así un ley de amortiguación de las ondas sísmicas, pudiendo determinar la carga operante máxima en cada voladura.

Con esta carga operante conocida, es posible determinar la secuencia óptima para que el solapamiento de las ondas sísmicas generadas por cada detonación sea lo menor posible

CONCLUSIONES

En este documento se han mostrado herramientas existentes para poder diseñar, analizar y evaluar voladuras en canteras de áridos de modo que se puedan detectar puntos críticos a modificar para poder así lograr la optimización de los métodos de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

Castilla, J., (2008), "Technical Services for Blast Design, Drilling and Blasting Technologies Conference. MARE (Hungarian Society for Drilling and Blast). Vac. Hungary.

Thomas C. et al. (2007): The use of Instrumentation to improve Blasting Performance, Optimization of Blasting Operations Course. Department of Mining Engineering. Queen's University of Kingston, Ontario, Canada.

Floyd, J., (2002), "Efficient Blasting Techniques", Blast Dynamics Inc., Colorado, USA.

CONTRIBUCIÓN DE LA ZEOLITA NATURAL A LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DE CEMENTOS, MORTEROS Y HORMIGONES

Jorge L. Costafreda Mustelier⁽¹⁾, Benjamín Calvo Pérez⁽¹⁾ y José Luis Parra y Alfaro⁽¹⁾

⁽¹⁾ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Calle de Ríos Rosas, 21 28003. Madrid, España, E-mail: costafreda@yahoo.es; benjamin.calvo.perez@gmail.com y joseluis.parra@upm.es

RESUMEN

Aunque actualmente son conocidas por su multifuncionalidad, las zeolitas naturales siguen ofreciendo nuevos retos a los investigadores, por su adaptación, prácticamente ilimitada, en campos multidisciplinarios que abarcan la salud, nanotecnología, agroindustria, la química y otros muchos. La composición relativamente sencilla de estos minerales, sumada a su gran estabilidad físico-química y sus propiedades diversas, entre las que descuella su carácter como intercambiador iónico, los convierten en un centro de atención de la moderna tecnología.

El presente trabajo pretende dar testimonio de lo comentado mediante la exposición de resultados de investigación sobre el papel de las zeolitas naturales en el incremento de las resistencias mecánicas de cementos, morteros y hormigones en diferentes etapas, que van desde períodos muy tempranos (2 días) hasta muy tardíos (365 días). Varias especies de zeolitas fueron estudiadas en el presente trabajo, entre ellas: *mordenita-esmectita*, *mordenita-heulandita*, *clinoptilolita-heulandita*, *cuarzo-estilbita* y *tobas zeolitizadas*. Las tareas planteadas en esta investigación comprenden, por una parte, la caracterización de las zeolitas por varios métodos, y por otra, la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las probetas en las cuales entraron a formar parte. Los resultados obtenidos permitieron establecer la calidad y la durabilidad de las probetas, y sentar las bases para una consideración profunda de las posibilidades de uso intensivo de estos minerales en la mejora de materiales de construcción.

Palabras clave: zeolitas naturales, cementos, morteros, hormigones, resistencias mecánicas

ABSTRACT

Although the natural zeolites are nowadays known by their versatility, they continue offering new challenges to the researcher, propitiated for their adaptation, practically limitless, in diverse fields as the health, nanotechnology, agroindustry, the chemistry among other many. The relatively simple composition of these minerals, added to their great physical-chemistry stability and other properties, mainly their ion-exchanger character, designate these minerals as an important strategic material in the modern technology.

This paper gives some testimonies about results obtained from investigation on cements, mortar and concretes elaborated with certain portions of natural zeolites, as well as their incidence in the mechanical strength at different times (from 2 to 365 days). In this work several zeolites species were studied: *mordenite-smectite*, *mordenite-heulandite*, *clinoptilolite-heulandite*, *quartz-stilbite* and *zeolitized tuffs*. The targets of this work comprise the zeolite characterization according several methods, as well as the determination of

physical, mechanical and chemical properties of mortar. The obtained results allowed to establish the quality and the durability of the mortar, and to sit down the bases for a deep consideration of the possibilities of intensive use of these minerals in the improvement of construction materials.

Key words: Natural zeolites, cement, mortar, concrete, mechanical strength

INTRODUCCIÓN:

Hay, actualmente, muchos y variados trabajos que ponen de relieve la amplia gama de usos que ofrecen las zeolitas naturales, sin que esto signifique un límite definitivo en sus aplicaciones. Cada año, los investigadores publican novedosos resultados que reflejan la versatilidad de estos minerales. Una de las áreas más importantes de aplicación es la industria de la construcción, con todo el ciclo que esta abarca; es decir, desde la fabricación de cementos, morteros y hormigones hasta la restauración y remediación de edificios y estructuras dañadas.

El carácter puzolánico de las zeolitas naturales ha sido demostrado por numerosas autoridades científicas en las dos últimas décadas. Costafreda, J.L. (2008) describe minuciosamente el comportamiento de las zeolitas como puzolanas activas, y lo compara con las variaciones registradas en las propiedades mecánicas de los morteros elaborados con proporciones sustanciales en este mineral. Establece, como otros tantos investigadores, que el empleo de zeolitas, en mezclas de cementos y morteros, provoca el aumento de resistencias mecánicas a edades cercanas a los 28 días.

El carácter reactivo de las zeolitas naturales en sus mezclas con cemento pórtland aumenta en la medida en que lo hace el grado de finura ($< 63 \mu$) (Costafreda, J.L. *et al.* 2011); es un hecho que el tamaño de las partículas, como regla general, influye en la velocidad de reacción. La acción de la zeolita como puzolana se manifiesta en forma de una disminución sensible del Ca(OH)_2 y de la cal libre en la pasta a medida que transcurre el tiempo.

El índice de reactividad puzolánica de las zeolitas depende, además de su pureza y calidad, de su capacidad de intercambio iónico y de la complejidad de su composición, donde los diferentes compuestos exhiben comportamientos muy diferentes al entrar en contacto con una disolución saturada en Ca(OH)_2 , influyendo en la velocidad y en la duración de dicha reacción (Costafreda, J.L. *et al.* 2009).

De acuerdo con los resultados obtenidos en investigaciones recientes, la zeolita juega un papel muy importante en la fabricación de cementos con propiedades ventajosas, traducidas como mayor resistencia química, menor calor de hidratación y mayor inhibición de la reacción *álcalis-sílice*. De esta forma, los cementos que se pueden lograr son del tipo pórtland con adiciones resistentes a los sulfatos y al agua de mar (II/A-P y II/B-P-42,5 R/SR/MR), cementos con adiciones puzolánicas (IV/A y IV-B R/SR/MR) y cementos compuestos (V/A R/SR), lográndose una gran durabilidad de los mismos (Costafreda, J.L. *et al.*, 2007).

Los morteros y hormigones elaborados con zeolitas naturales, muestran un elevado índice de actividad resistente a la edad de 28 días, que llega a superar al valor de resistencia del cemento de referencia empleado.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se eligieron los siguientes tipos de zeolitas en su estado natural: *mordenita-esmectita*, *mordenita-clinoptilolita*, *clinoptilolita-heulandita*, *cuarzo-estilbita* y *tobas zeolitizadas*. En su caracterización, se aplicó el método de difracción de rayos x, microscopía electrónica de barrido y fluorescencia de rayos x.

Para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas se efectuó una molienda fina previa ($< 63 \mu$) de las muestras de zeolita, y una minuciosa mezcla con cemento pórtland, arena normalizada y agua desmineralizada. Se determinó la consistencia y la expansividad del mortero fresco, así como la densidad, el peso, la resistencia a compresión y el índice de actividad resistente de las probetas endurecidas en diferentes períodos (2, 7, 28, 90 y 365 días).

Paralelamente, se fabricaron probetas constituidas solamente por cemento pórtland y árido natural, destinadas a referenciar, según las normas, los resultados obtenidos a partir del estudio de los morteros combinados con zeolitas.

En los morteros con adición de zeolitas se efectuó una dosificación que consistió en la sustitución del 25% del cemento pórtland por zeolita.

En este trabajo se emplearon las normas siguientes: UNE-EN 196-1: 2005, UNE-EN 196-3: 2005, UNE 80104: 86, UNE-EN 1097-6:2001 - A1:2006 y UNE 80122: 91: EN 196 - 6: 89.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de las muestras mediante el método de difracción de rayos x permitió determinar la presencia de cinco especies mineralógicas bien definidas: *mordenita-esmectita*, *mordenita-clinoptilolita*, *clinoptilolita-heulandita*, *cuarzo-estilbita* y *tobas zeolitizadas*. Otras fases subordinadas también fueron detectadas, como feldespato, feldespatoideos, micas, calcita, vidrio inalterado y variedades de arcillas con abundancia insignificante (ver figura 1).

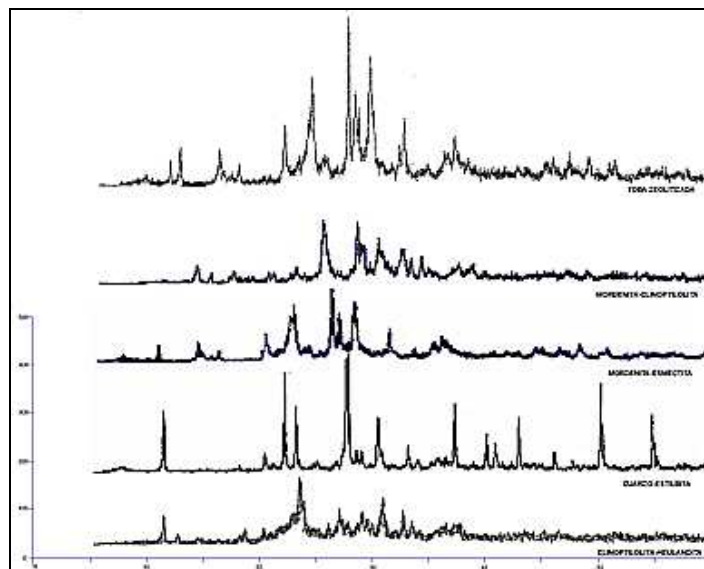


Figura 1: Derivatogramas de las muestras de zeolitas naturales obtenidos por difracción de rayos x.

Las microfotografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido exhiben cristales con morfología variada, definiendo las diferencias entre cada especie mineral. Aparecen

cristales bien desarrollados, lamelares, prismáticos, tabulares, hexagonales, idiomórficos a hipidiomórficos de *clinoptilolita-heulandita*, rodeados por generaciones tardías de individuos cristalinos muy finos y de igual composición (ver figura 2 A).

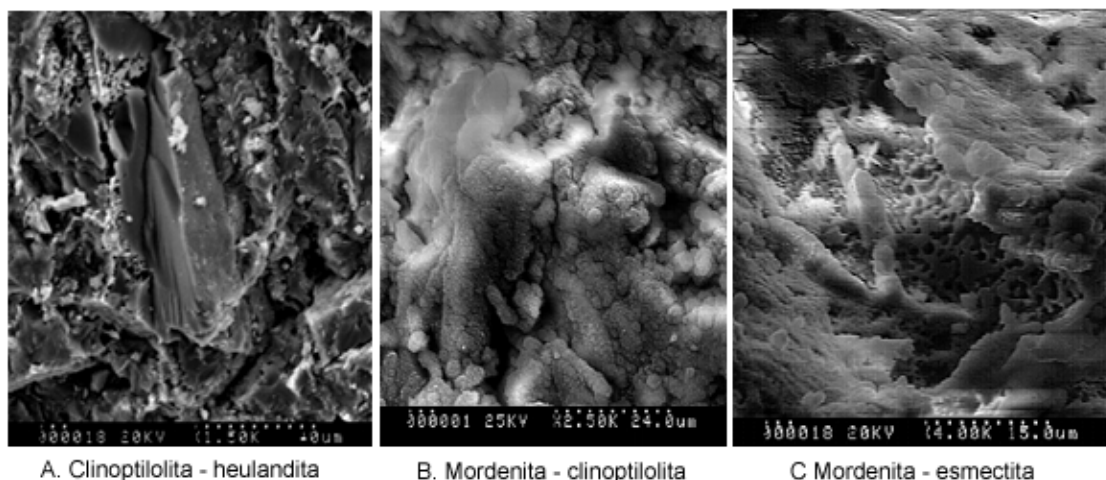


Figura 2: Microfotografías de las muestras de zeolitas naturales obtenidos por microscopía electrónica de barrido. A: *Clinoptilolita-heulandita*, B: *Mordenita-clinoptilolita* y C: *Mordenita-esmectita*.

Es común encontrar agregados microcristalinos muy apretados, de aspecto botroidal, interdigitados, con eflorescencias de *clinoptilolita* xenomórfica muy desarrolladas. La *mordenita* forma complejos racimos cristalinos de reducido diámetro, muchas veces con caras hexagonales idiomórficas, y están circunscritos a los espacios vacíos, poros y anfractuosidades presentes en la muestra (ver figura 2 B).

Los cristales de *mordenita* forman un denso entramado de individuos aciculares, radiales, fibrosos y bacilares en los espacios dejados por minerales otrora lixiviados y disueltos. Forman también masas muy apretadas de innumerables fibrillas que con menor aumento tienen apariencia de masas informes. Los cristales de *esmectita* exhiben una morfología laminar, alargada, con aspecto prismático; también forman masas compactas irregulares e intercrecimientos eflorescentes de aristas redondeadas bien definidas (ver figura 2 C).

Tabla I: Composición química de las muestras obtenidos mediante fluorescencia de rayos x.

MUESTRA (en estado natural)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI (%)
Clinoptilolita-heulandita	63,25	12,01	1,22	1,03	1,20	3,23	2,30	16,3
Mordenita-clinoptilolita	63,47	12,59	1,31	3,25	0,336	3,61	0,080	15,0
Mordenita-esmectita	68,79	13,20	1,62	1,95	1,45	2,33	2,89	11,9
Cuarzo-estilbita	68, 88	11,71	3,34	5,25	2,75	1,31	0,216	5,84
Toba zeolitizada	64,49	13,19	1,6	0,873	2,09	2,99	3,92	9,75
Cemento referencia	17,45	5,59	3,35	64,04	0,641	1,37	0,091	2,43

En los datos de la tabla I todas las muestras presentan contenidos en alúmina muy parecidos, sin embargo, la sílice varía en un rango más apreciable para las muestras de *mordenita-esmectita* y *cuarzo-estilbita*. Los compuestos restantes poseen valores de abundancia muy diferentes, indicando la naturaleza disímil y poligénica de los minerales estudiados.

Según estos datos, la relación silicio/aluminio de las zeolitas empleadas oscila entre 5 y 5,15, lo cual las hace especialmente reactivas en las mezclas hidráulicas y en disoluciones de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Asimismo, presentan una gran estabilidad de volumen y resistencia térmica, que transfiere a los cementos cualidades excepcionales.

El predominio de los cationes Na^+ y K^+ sobre Ca^{2+} y Mg^{2+} en las zeolitas estudiadas, a excepción de la muestra compuesta por *mordenita-clinoptilolita*, favorece la remoción del grupo SO_3 de la masa del cemento, impidiendo así la formación de compuestos inestables propensos a reaccionar con el medio ambiente o entre sí, que producen daños severos e irreversibles a morteros y hormigones.

La presencia de zeolita impedirá la difusión del calor de hidratación a través de la pasta y la formación de CO_2 en los procesos de fabricación industrial de cementos.

Como colofón, puede añadirse que la presencia de la paragénesis compleja *mordenita-esmectita* es un factor que favorece la reacción de hidratación en la pasta; en este escenario, la *mordenita* absorbe inicialmente gran cantidad de agua e inicia su reacción con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para formar tobermorita; inmediatamente después la *esmectita* comienza su hidratación. La presencia mayoritaria del ión Na^+ en los espacios interlaminares hará que la *esmectita* continúe absorbiendo agua, hasta que las láminas se separen definitivamente, pasando al estado coloidal. En esta nueva situación, los coloides dispondrán de mayor libertad de movimiento y transportarán humedad e iones hacia los bordes de las interfases y espacios libres, desencadenando allí nuevas reacciones hidráulicas con la concomitante precipitación de productos de reacción secundarios estables que sellarán los espacios intracristalinos, generando así mayor resistencia mecánica.

Tabla II: Consistencia del mortero fresco.

MUESTRA	CONSISTENCIA (mm)	ABSORCIÓN DE AGUA (%)	DENSIDAD REAL (mg.m^3)	SUPERFICIE ESPECÍFICA (g/cm^2)
Clinoptilolita-heulandita	142,5	33,22	2,20	8865
Mordenita-clinoptilolita	161,95	12,61	2,31	8565
Mordenita-esmectita	154,5	20,36	2,27	8769
Cuarzo-estilbita	176,5	1,69	2,52	8042
Toba zeolitizada	160,0	12,03	2,43	8457
Cemento referencia	260,0	-	-	-

De acuerdo con los datos de la tabla II, la adición de zeolitas a la mezcla del mortero eleva el consumo de agua en todos los casos, evidenciado por los valores del coeficiente de absorción de estas especies minerales, en muchos casos muy elevados (*clinoptilolita-heulandita* y *mordenita-esmectita*).

Los valores de pérdida por calcinación incluidos en la tabla I guardan estrecha relación con el coeficiente de absorción y la superficie específica de las muestras señaladas en la tabla II.

La absorción de las zeolitas tiene su origen en su estructura extremadamente porosa, formada por un entramado complejo de retículos y canales interconectados que las dotan de una gran superficie específica, permitiendo así la absorción libre de moléculas de agua. Como consecuencia de esto, los morteros elaborados en la presente investigación prácticamente carecieron de plasticidad y fluidez manifiestas; en cambio, fueron muy trabajables. Esta situación puede corregirse fácilmente añadiendo agua a voluntad hasta

que la mezcla se torne plástica, sin embargo, este procedimiento debe ir precedido de un rigor y precaución extremos, ya que podría inducir a la obtención de morteros poco resistentes. Un caso manifiestamente contrario ocurrió con los morteros convencionales (referencia), en los cuales la consistencia arrojó valores mucho más elevados, duplicando, prácticamente, el de los morteros complejos (con zeolitas agregadas). Los morteros de referencia manifestaron una baja trabajabilidad y una notable fluidez en todos los casos (ver tabla II).

La consistencia de los morteros compuestos por puzolana natural mantiene una regularidad muy cercana, y se comportan de forma similar con diferencias prácticamente insignificantes. Esto se debe a posibles parentescos químicos entre las zeolitas empleadas en este estudio.

Con la consideración de los resultados de la tabla II puede deducirse una estrecha relación entre los valores del coeficiente de absorción de agua y la consistencia del mortero fresco, revelándose como una relación *inversamente* proporcional. Por el contrario, la relación entre la superficie específica y dicho coeficiente es *directamente* proporcional.

Es evidente que las zeolitas con menor densidad real (*clinoptilolita-heulandita*, *mordenita-esmectita* y *mordenita-clinoptilolita*) poseen los más altos coeficientes de absorción; es decir, ellas presentan una estructura interna muy porosa que induce a una baja densidad, pero al mismo tiempo adquieren capacidad para alojar más moléculas de agua, provocado por su gran superficie activa.

El cálculo de la densidad de las partículas de zeolitas, tras su secado, arrojó valores más bajos, pero con el mismo patrón de comportamiento (Costafreda, J.L., 2011); por ejemplo:

- *Clinoptilolita-heulandita*: 1,27 (mg.m^3)
- *Mordenita-esmectita*: 1,57 (mg.m^3)
- *Mordenita-clinoptilolita*: 1,79 (mg.m^3)
- *Toba zeolitizada*: 1,83 (mg.m^3)
- *Cuarzo-estilbita*: 2,45 (mg.m^3)

La muestra de *cuarzo-estilbita* exhibe los valores más bajos de absorción de agua, así como los más altos de densidad real y densidad tras el secado; la causa de esto radica en su composición, donde el *cuarzo* predomina sobre la *estilbita* en más de un 60%.

Tabla III: Resultados de los ensayos de resistencia a compresión para distintos períodos de tiempo.

MUESTRAS DE MORTEROS	Rc (2 días) (Mpa)	Rc (7 días) (Mpa)	Rc (28 días) (Mpa)	Rc (90 días) (Mpa)	Rc (365 días) (Mpa)
Clinoptilolita-heulandita	16,3	27,9	50,4	62,4	70,1
Mordenita-clinoptilolita	15,9	28,5	50,9	66,5	70,9
Mordenita-esmectita	18,4	29,8	47,8	70,1	73,2
Cuarzo-estilbita	12,1	22,9	43,3	55,5	58,9
Toba zeolitizada	15,3	26,8	44,9	61,5	68,0
Cemento referencia	24,3	42,7	50,6	66,1	68,4

Los valores de resistencia mecánica varían dentro de un amplio margen para períodos muy cortos de curado (2 días) en aquellos morteros diseñados con zeolita natural. Destaca la

diferencia significativa con los valores arrojados por la muestra de referencia. Un caso muy similar se presenta con los resultados obtenidos a 7 días, donde la gran mayoría de especímenes aportan resistencias muy cercanas, a excepción de la probeta elaborada con *cuarzo-estilbita*, cuyo valor se mantiene muy bajo respecto a las restantes muestras. A pesar de este detalle, se destaca un aumento general de las resistencias (ver tabla III).

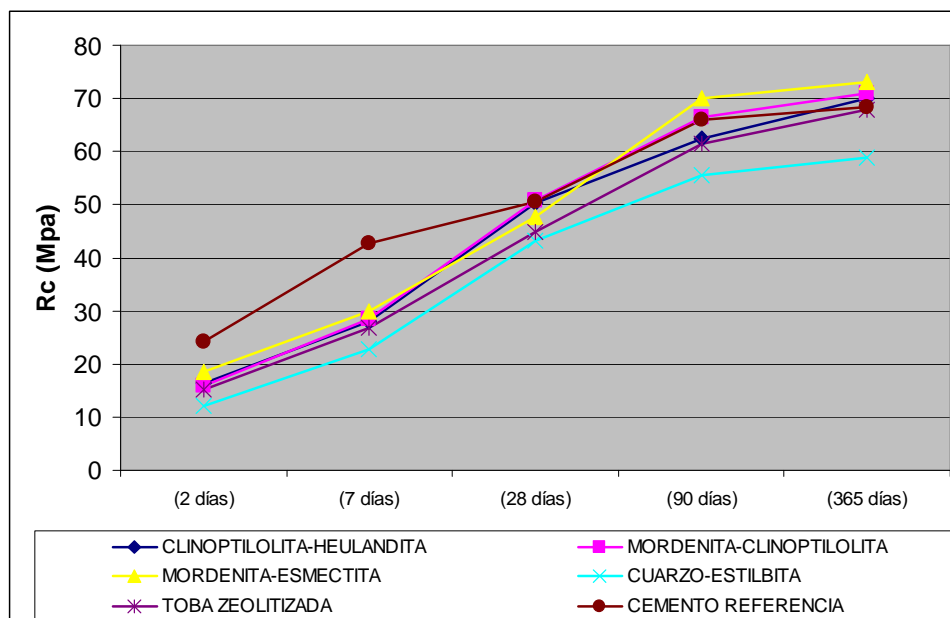


Figura 3: Evolución de las resistencias mecánicas en el tiempo.

Las resistencias normales a los 28 días son evidentemente elevadas, siendo las especies más puras (*clinoptilolita-heulandita*, *mordenita-clinoptilolita* y *mordenita-esmectita*) las que han favorecido este proceso. En esta etapa, dos muestras superan en resistencia mecánica al cemento de referencia (*mordenita-clinoptilolita* y *mordenita-esmectita*) (ver figura 3). Costafreda, J.L. (2008) demostró que ciertos morteros fabricados a base de *zeolita-cemento* y *toba-cemento*, alcanzaban resistencias que superaban la del cemento pórtland normal transcurridos los 28 y 90 días de curado.

A edades superiores (90 y 365 días), el proceso de endurecimiento e incremento de las resistencias mecánicas continúa verificándose, registrándose valores de hasta 73,2 Mpa. La muestra formada por *mordenita-esmectita*, sigue siendo un caso excepcional en esta investigación; su gran resistencia, en relación a las restantes, puede explicarse por el doble efecto que produce en la pasta la presencia de esta paragénesis mineral, donde la elevada superficie específica de ambas especies, tanto interna como externa, la carga eléctrica reforzada por las constantes sustituciones isomórficas y la presencia de iones alcalinos y alcalino-térreos, fácilmente intercambiables, refuerzan sus cualidades como puzolanas altamente reactivas, y aportan, como consecuencia, los mayores índices de actividad resistente (ver tabla IV). Al igual que las zeolitas, la presencia de la *esmectita* contribuye a la captación de cal libre presente en la pasta, evitando el fenómeno de expansividad ulterior.

Otros valores notables fueron alcanzados por las probetas elaboradas con *clinoptilolita-heulandita* y *mordenita-clinoptilolita* (70,1 y 70,9 Mpa, respectivamente), superándose en ambos casos los valores del mortero de referencia (ver tabla III y figura 3).

Algunos autores (Rabilero, A., 1988; Rosell, M. *et al.* 2002) subrayan que las resistencias mecánicas de morteros y hormigones tienen un desarrollo finito tras alcanzar un valor máximo, y, a partir de un período de tiempo dado, los valores de resistencia sufren ciertas remisiones, traducido en inestabilidad química y física. Sin embargo, con la adición de ciertas variedades de zeolitas en cementos, morteros y hormigones aumenta el valor de la constante (K_R) en relación con (G_R); ambas constantes están estrechamente vinculadas con los procesos de hidratación del cemento en presencia de agua.

Tabla IV: Resultados del cálculo del Índice de Actividad Resistente para las distintas muestras de morteros.

MUESTRAS DE MORTEROS	Rc 28 días (Mpa)	IAR (%)	Rc 90 días (Mpa)	IAR (%)	Rc 365 días (Mpa)	IAR (%)
Clinoptilolita-heulandita	50,4	99,6	62,4	94,4	70,1	102,5
Mordenita-clinoptilolita	50,9	100,6	66,5	100,6	70,9	103,7
Mordenita-esmectita	47,8	94,5	70,1	106,0	73,2	107,0
Cuarzo-estilbita	43,3	85,6	55,5	84,0	58,9	86,1
Toba zeolitizada	44,9	88,7	61,5	93,0	68,0	99,4
Cemento referencia	50,6	-	66,1	-	68,4	-

Los valores del Índice de Actividad Resistente (*I.A.R.*) se obtuvieron con los ensayos mecánicos de las probetas involucradas en este trabajo, mediante los cuales fueron comparados todos los valores de resistencias con el 75% del valor de resistencia de la probeta de referencia. Los cálculos reflejan una situación muy interesante, en virtud de que los resultados obtenidos superan en todos los casos los límites estipulados en las normas (ver tabla IV). El incremento de los valores del *I.A.R.* es *directamente* proporcional a la magnitud tiempo, cuando se emplean zeolitas naturales con gran reactividad puzolánica (Costafreda, J.L., 2008).

Tabla V: Evolución del peso de las probetas de morteros en el tiempo.

MUESTRAS DE MORTEROS	Peso promedio inicial (g)	Peso promedio (7 días) (g)	Peso promedio (90 días) (g)	Peso promedio (365 días) (g)
Clinoptilolita-heulandita	567,19	572,37	576,33	572,5
Mordenita-clinoptilolita	573,32	579,27	582,23	580,1
Mordenita-esmectita	579,86	581,23	585,83	587,4
Cuarzo-estilbita	580,1	582,6	588,9	594,3
Toba zeolitizada	577,92	580,13	582,35	583,4
Cemento referencia	594,19	596,6	597,92	600,7

La evolución del peso de las probetas durante el período de tiempo en que se produce su curado fue otro parámetro considerado en la presente investigación (ver tabla V). Cuando se compara el peso inicial de todas las probetas con el calculado a los 7 días se destacan variaciones importantes; por ejemplo, los morteros preparados con *clinoptilolita-heulandita*, *mordenita-clinoptilolita* y *toba zeolitizada* incrementan su peso drásticamente, lo cual está relacionado con la capacidad de absorción de agua y la superficie específica de estos minerales (ver tabla II). La mezcla diseñada con *mordenita-esmectita* constituye un caso excepcional, en el cual la composición compleja de esta paragénesis provoca que la porción de la muestra que es *mordenita* absorba el agua más rápido que la fase *esmectita*.

Por su parte, la muestra que contiene *cuarzo-estilbita* incrementa tímidamente su peso a causa del pobre contenido en *estilbita* (< 30%) y su bajo coeficiente de absorción.

En el mortero de referencia, la formación de nuevas fases silicatadas e hidratadas incrementa su peso discretamente, propiciado por el papel del yeso como regulador de fraguado. La pérdida de poros y la fina granulometría incrementa su densidad. La presencia de yeso influye en el incremento del peso haciendo que éste sea paulatino (ver tabla V y figura 4).

Es de destacar lo que ocurre con ciertas probetas en etapas más tardías (90 y 365 días) (ver tabla V y figura 4). Se cita como ejemplos las probetas elaboradas con *clinoptilolita-heulandita* y *mordenita-clinoptilolita*, en las cuales se verifica una “pérdida de peso” significativa. Las probetas fabricadas con *mordenita-esmectita* exhiben un rápido incremento de su peso en la etapa comprendida entre los 7 y los 90 días; se deduce que en este intervalo la fase esmectita ha comenzado a completar su hidratación. Esta tendencia experimenta una atenuación hacia los 365 días, en que el incremento del peso es muy discreto.

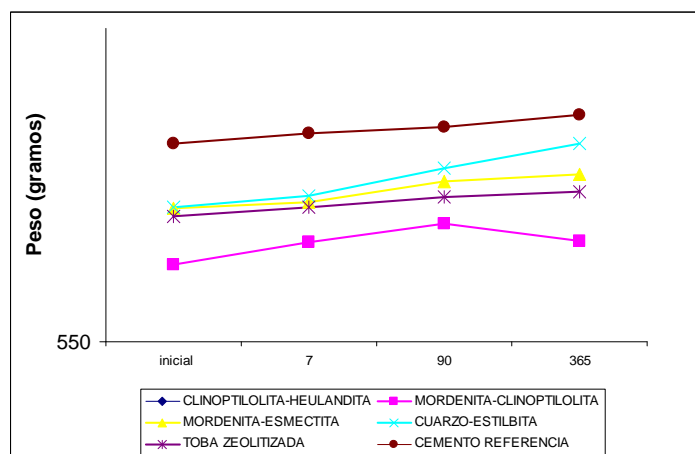


Figura 4: Variogramas que representan la evolución del peso de probetas de morteros en el tiempo.

Se deduce que la pérdida de peso está relacionada con la transferencia de moléculas de agua alojadas en los poros intracristalinos de las zeolitas a la pasta, que demanda más humedad para completar las reacciones hidráulicas de los silicatos.

CONCLUSIONES

Es evidente que con el empleo de las variedades de minerales de zeolitas tratados en el presente estudio, se pueden fabricar cementos, morteros y hormigones dotados de altas resistencias mecánicas. Estas cualidades también se reflejan en su calidad reológica, gracias a la cual se pueden preservar los morteros y hormigones del ataque de los sulfatos que se encuentran en suspensión en ciertas aguas contaminadas en contacto con las obras.

El empleo de zeolitas en los diseños de mezclas, tanto de morteros como de hormigones, disminuye sensiblemente la permeabilidad de las estructuras, cerrándose así el acceso de los sulfatos desde el exterior. Aun así, en caso de verificarse una vía de acceso a la estructura, provocada por microfisuración (producida por seísmos, vibraciones por explosiones, etc.), la acción de estas puzolanas captará y neutralizará las sales de sulfatos foráneas; además, no podrán formarse productos de reacción secundaria, como la etringita y el yeso autógeno, ya que no existen los productos originales de aluminato tricálcico, el cual

no pudo reaccionar con la portlandita captada previamente por las zeolitas en la mezcla. De esta forma se evitarán los fenómenos de expansión y fisuración por ataques de sulfatos.

La presencia de zeolitas en la composición de las probetas de morteros garantiza la humedad duradera en el medio de reacción, por su propiedad de *retención-liberación* de líquidos, además de sólidos y gases. En virtud de esto, contribuirá no sólo a la perfecta hidratación de los silicatos de reacción más lenta, como los bicálcicos, sino también a la correcta saturación de las partículas del cemento, siempre que la molienda previa haya cumplido rigurosamente con las especificaciones de las normas. El control de los niveles de humedad ejercido por las zeolitas impedirá los excesos de evaporación en la pasta, y con ello se evitará la formación de espacios vacíos, poros y anfractuosidades en los sitios previamente ocupados por el agua, y que constituyen puntos de debilidad y/o concurrencia de sales destructivas con desarrollo de etringita acicular.

El uso de zeolitas en morteros y hormigones puede mitigar, incluso evitar, ciertos fenómenos muy importantes por su carácter destructivo, como la reacción *álcalis-sílice* y *álcalis-carbonato*, ambos responsables de la fisuración y expansión en estructuras hormigonadas. Del mismo modo, la presencia de estos minerales en la pasta contribuye a frenar la acción perjudicial de los cloruros sobre las armaduras metálicas de los hormigones armados.

Tienen utilidad también en la neutralización de la reacción del CO_2 atmosférico con el Ca(OH)_2 de los morteros y hormigones consolidados, ya que en los primeros estadios de hidratación del cemento las zeolitas neutralizan prácticamente toda la cal hidratada, convirtiéndola en tobermorita estable; de este modo, en las etapas de madurez de los morteros y hormigones no habrá cantidades disponibles de Ca(OH)_2 ni cal libre que entren en reacción con los gases atmosféricos.

Se debe tener en cuenta que el empleo de zeolitas en las mezclas de morteros y hormigones obliga a aumentar la relación A/C, debido a su gran propensión a hidratarse. La experiencia señala que los diseños de mezclas con ratios A/C comprendidos entre los 0,25 y 0,60 producen morteros poco trabajables, de escasa consistencia, de moldeo dificultoso durante la compactación; en estos casos, se procede a aumentar la cantidad de agua, con el criterio de obtener una masa más plástica, pero evitando infringir ciertos límites que ponen en riesgo la calidad del mortero y del hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

Costafreda, J.L. (2008). Geología, caracterización y aplicaciones de las rocas zeolíticas del complejo volcánico de Cabo de Gata (Almería). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 515 p.

Costafreda, J.L. y Calvo, B. (2007). Calidad de las rocas zeolitizadas de Cabo de Gata como agregados activos en cementos puzolánicos resistentes a los sulfatos y al agua de mar. V Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Panamá. 13 p.

Costafreda, J.L., Díaz, J.J. y Calvo, B. (2011). Propiedades físicas, mecánicas y químicas de algunas zeolitas naturales procedentes de México, Cuba y España. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. Geociencias 2011. La Habana, Cuba. Págs. 9.

Rabilero, A. (1988). Las puzolanas. Cinética de reacciones. Editorial Oriente. Santiago de Cuba. 114 p.

Rosell, M. y Gayoso, R. (2001). Utilización de la zeolita como material de construcción. Experiencia cubana. I Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Red CYTED XIII-C. 10 p.

UNE-EN 196-1:2005. Ensayos mecánicos.

UNE-EN 196-3: 2005. Ensayos físicos.

UNE 80122: 91: EN 196 – 6: 89. Determinación de la finura.

UNE-EN 1097-6:2001 y A1:2006. Densidad de partículas y absorción de agua.

UNE 80104: 86: Determinación de la densidad real mediante el picnómetro de aire.

CONTROL TECNICO DE LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN DEL CERRO TAMUGA, SECTOR LA JOSEFINA, PROVINCIA DEL AZUAY

Jorge Velasco Valarezo⁽¹⁾

*(1) Empresa Nacional Minera ENAMI EP. Av. República E7-263 Y Diego de Almagro. Quito. Ecuador.
E-mail: jorgevelascovalarezo@yahoo.es.*

RESUMEN

Uno de los mayores deslizamientos de tierras que registra la historia del Ecuador, ocurrió el 29 de Marzo de 1993, en el sector La Josefina, provincia del Azuay. Aproximadamente 30 millones de m³ de rocas, represaron los ríos Cuenca y Jadán tributarios del río Paute, acumulándose alrededor de 200 millones de m³ de agua. La inundación y el violento desfogue del embalse, afectó la vida de la población y causó enormes pérdidas materiales, así como transformo la morfología del sector.

Los estudios de mitigación y restauración de la zona, elaborados por misiones técnicas y consultores especializados, definieron los planes maestros de estabilización geológica e hidrogeológica tanto del cerro Tamuga como del cauce del río Paute. Los trabajos de estabilización descritos en dichos planes fueron ejecutados por el Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute. Medidas complementarias, como prohibir asentamientos humanos y la actividad minera de materiales de construcción, han ayudado a disminuir el nivel de riesgo.

Los trabajos de estabilización en el cerro Tamuga no han concluido, en la primera etapa se estabilizó el talud frontal y la segunda contempla el reperfilamiento del talud del cerro, calculándose obtener tres millones de m³ de material. Dado lo sensible de esta etapa, es necesario el monitoreo y control sistemático del comportamiento de toda el área inestable, actividades que la Empresa Nacional Minera colabora brindando asesoría técnica y realizando el análisis de mercado de los usos de los materiales de construcción que se obtengan del proceso.

ABSTRACT

One of the largest landslides in recorded history of Ecuador, occurred on March 29, 1993, at the La Josefina, province of Azuay. Approximately 30 million cubic meters of rocks, Jadan and Paute rivers were dammed tributaries of the Paute river, with about 200 million cubic meters of accumulating water. The flooding and violent venting of the reservoir affected the lives of people and huge material losses transformed the morphology of the sector.

Studies on mitigation and restoration of the area, prepared by consultants and technical missions defined master plans for geological and hydrological stability, both of Mount Tamuga as Paute riverbed. The stabilization works described in those plans were implemented by the Water Management Board of the Paute Basin. Measures such as prohibiting human settlements and mining of construction materials have helped to reduce the level of risk.

The stabilization works on the hill Tamuga have not been completed yet, in the first stage, frontal slope was stabilized and the second includes the reprofiling of the slope of the hill,

calculated to get three million cubic meters of material. Due the sensitivity of this stage, it is necessary systematically monitoring and controlling the behavior of the entire unstable area, activities that the National Mining Company collaborates to provide the technical advice and makes market analysis of the uses of construction row materials obtained from this process.

Palabras claves: Control estabilización Josefina

INTRODUCCION

Uno de los mayores deslizamientos de tierras que registra la historia del Ecuador, ocurrió el 29 de Marzo de 1993, en el sector conocido como La Josefina, provincia del Azuay, localizada en las coordenadas UTM. Psad-56-17S, X= 739.300 Y= 9.684.900, a un costado de la vía Cuenca-Paute a unos 25 Km de la ciudad de Cuenca. (Figura No 1)



Figura 1: Ubicación del sector La Josefina

Como producto de dicho fenómeno, del cerro Tamuga, se desprendieron aproximadamente 30 millones de m³ de rocas, que represaron los ríos Cuenca y Jadán tributarios del río Paute, acumulándose alrededor de 200 millones de m³ de agua que inundaron los terrenos aledaños pertenecientes a la provincias del Azuay y Cañar, situados bajo la cota 2.362 msnm. El desfogue violento del embalse, produjo gran afectación en la vida de la población asentada aguas abajo del río Paute y destrucción de infraestructura vial como puentes y carretero; ciudadelas, cultivos, y configuró una nueva morfología en el sector.

Visto en planta, el material deslizado tiene una forma semi elíptica, con su eje mayor orientado en dirección N 45 ° E, con una longitud de 750 m. medido desde la cota 2.510 m. s.n.m., hasta el eje del río Paute en la cota 2310 m.s.n.m., y un ancho de 500 m. La corona del deslizamiento se encuentra a una cota de 2740m.s.n.m.

En general estos materiales están compuestos por clastos de rocas ígneas y metamórficas que presentan buenas características físico-mecánicas; la matriz de material fino en la mayoría de los casos tienen un grado de plasticidad de media a baja, lo que permitiría su utilización en la producción de base, subbase y mejoramiento, mediante procesos de mezclado con material aluvial cuya plasticidad sea baja o ninguna, logrando mejorar el producto final.(Ordoñez, F. 2006).

MATERIALES Y METODOS

El control técnico de los trabajos de estabilización del cerro Tamuga se lo realiza mediante dos actividades:

1.- La investigación Geológica que tiene que ver con la caracterización geotécnica del terreno, registro de su litología, presencia de fallas, grietas y fisuras, formas irregulares del terreno, afloramientos de rocas alteradas, grados de fracturamiento, presencia de agua, grado de saturación, uso actual, existencia de árboles inclinados, etc.

2.- Monitoreo del comportamiento del cerro tomando en consideración factores geológicos, hídricos, sísmicos meteorológicos e hidrológicos; usando para el efecto instrumentos que permiten obtener registros de datos que son recolectados, tabulados y evaluados para la adopción oportuna de medidas que contribuyan a la estabilización del mismo.

Los métodos utilizados para el monitoreo de deslizamientos pueden ser directos e indirectos, la combinación de ellos proporcionan datos más reales y confiables del proceso geodinámico del mismo. En el cerro Tamuga se utilizan métodos directos como el análisis geodésico del movimiento de puntos, que consiste en realizar mediciones de desplazamientos relativos de ciertos puntos de control superficial respecto de hitos construidos en terreno estable, el análisis compara los desplazamientos y su velocidad en cm/año.

En el monitoreo inicial se ubicaron cuatro hitos, dos en la cresta del cerro y dos en el material deslizado, además de dos hitos de control ubicados en los cerros Shishio y Tobón. Luego, por recomendaciones técnicas, se ubicaron trece hitos en la corona del deslizamiento con el fin de monitorear la estabilidad del remante del cerro Tamuga.

El equipo utilizado en las campañas iniciales e intermedias de la ubicación de los hitos fueron medidas con el Electronic Total Station TOPCON GTS 302 D, los últimos datos fueron obtenidos con el instrumental Electronic Total Station TRIMBLE 3300.

El monitoreo de la erosión del río Paute se lo realiza a través de medidas directas en el cauce, la batimetría obtenida durante las campañas de los años Diciembre 1993, Noviembre de 1998 y Octubre 2010, permite dibujar los diferentes perfiles que ha tenido el río durante este período y su análisis diagnosticar el poder erosivo del río.

Ultimamente, la empresa que diseña el puente sobre el río Paute, situado en la parte sur del deslizamiento, ha instalado un inclinómetro para medir en profundidad la deformación de la ladera, se espera obtener estos datos que deberán ser tomados en consideración en el diseño y construcción del estribo del puente y también servirán para el análisis de la estabilidad del cerro.

Los trabajos de estabilización del cerro Tamuga, contempla dos etapas: la primera, ya ejecutada, estabilizó el talud frontal, mediante el reperfilamiento del mismo con la construcción de tres bermas y una plataforma superior, que actúa como área de retención de probables desmoramientos de las laderas del cerro, ubicadas en la parte sur del deslizamiento complementada con el control de la erosión de río Paute mediante umbrales ubicados perpendiculares al eje del río; tanto la programación como la ejecución de estas obras estuvieron a cargo de CG. Paute, organismo creado con el fin de precautelar el eficiente aprovechamiento, conservación de los recursos hídricos y naturales y el desarrollo sustentable de la cuenca del Paute. En esta etapa se obtuvo un volumen cercano a los dos millones de metros cúbicos de material de construcción.

La segunda etapa, tiene por objetivo dar una mayor estabilidad a la masa deslizada rebajando el ángulo de talud de las tres bermas, se estima que el volumen a obtenerse de estos trabajos de estabilización, en tres millones de metros cúbicos de material de construcción, los mismos que serán utilizados por las Instituciones Públicas de la Provincia del Azuay para la ejecución de obras de infraestructura vial. Esta segunda etapa será ejecutada bajo la supervisión de CG. Paute, de acuerdo con lo programado en el Plan

Maestro de Estabilización del cerro Tamuga, elaborado por el Dr. Raúl Sarra Pistone Consultor ATE, Asistencia Técnica Europea (2007).

De acuerdo con su recomendación, todos los trabajos de estabilización deberán tener un seguimiento riguroso, con el fin de detectar cualquier anomalía que ponga en riesgo su estabilidad, a través de un plan de monitoreo que en lo principal se basa en mediciones de desplazamientos de los hitos existentes y nuevos colocados en los contrafuertes laterales del deslizamiento, monitoreo de grietas, del cauce del río Paute y registros sísmicos, meteorológicos e hidrológicos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a.- De las investigaciones de campo.- El levantamiento geológico reporta la presencia principalmente de rocas ígneas granodiorita y andesita intruyendo rocas metamórficas argilitas negras de la Formación Yunguilla y sedimentarias de la Biblian. La fracturación de las rocas es intensa en las zonas cercanas a las fallas Jadan al este y Pastobamba al oeste, causantes de la disminución de la capacidad portantes de las mismas.

Los estudios geotécnicos (Roura, M. 2006) y geofísicos de sismica de refracción y sondeos eléctricos verticales (Viteri F. 2006), contratados por CG. PAUTE , determinaron las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría de los estratos del material deslizado respectivamente, los resultados obtenidos han permitido identificar las principales estructuras que afectan la estabilidad del cerro Tamuga así como el potencial espesor del material deslizado.

b.- Del monitoreo Geodésico.- Los resultados de la primera fase del monitoreo geodésico, reportados en el Informe Final de Noviembre de 1998 por el Proyecto PRECUPA, en el período comprendido entre Febrero de 1996 y Agosto de 1997, indican movimientos promedios de 2 cm/año. Los datos fueron obtenidos de el control de seis hitos, 2 ubicados en la parte oeste de la cresta del cerro Tamuga, y dos sobre el material deslizado, además del monitoreo de cuatro fisuras en la corona del deslizamiento. Los dos hitos de control, B-JOS-1 Y B-JOS-2, para medir los desplazamientos fueron colocados en los cerros Shishio y Tobón respectivamente (Figura No 2)

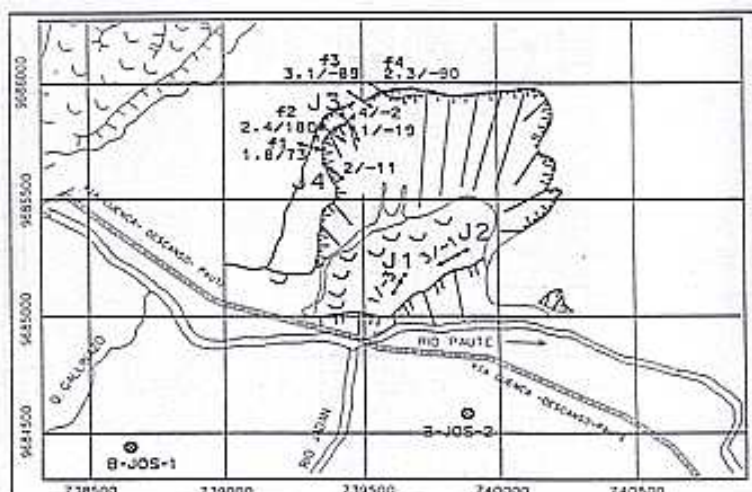


Figura 2 : Ubicación de hitos de control

Entre mayo de 2001 y diciembre de 2004 se registro mensualmente las lecturas obtenidas de los trece hitos colocados en la cresta del cerro, trabajo realizado por la empresa Topografía de Superficie & Subterránea, obteniéndose una media de 1 a 2 cm/año.

En septiembre de 2006 se reinicia el monitoreo hasta Diciembre de 2006, obteniéndose desplazamientos con valores promedios de 2 a 3.5 cm/año.

Según lo señalado en Plan Maestro de Estabilización del Cero Tamuga de Marzo de 2007, las cinco campañas de lecturas de los hitos se realizó: "con instrumental del CG Paute, Electronic Total Station TRIMBLE 3300 DR, y las últimas 3 lecturas fueron repetidas con el instrumental Electronic Total Station TOPCON GTS 302 D, que pertenece a la empresa ETAPA, y fue utilizado en todas las campañas anteriores".

Los datos obtenidos por el monitoreo tanto de los hitos como de las fisuras, señalan movimientos relativos débiles, el incremento de los valores de las últimas lecturas, podrían probablemente explicarse en la utilización de otro equipo.

c.- Del monitoreo del cauce del río.- Una de las preocupaciones señaladas tanto en el Plan Maestro de Estabilización del Cerro Tamuga como en el Plan Maestro Hidráulico del río Paute, constituye la estabilización del cauce del río desde La Josefina hacia aguas abajo, siendo este la base fundamental para asegurar la estabilidad de la zona. La construcción de umbrales para controlar la erosión hídrica han demostrado su bondad, si comparamos los perfiles longitudinales obtenidos de los valores de la batimetría del río.(Figura No 3).

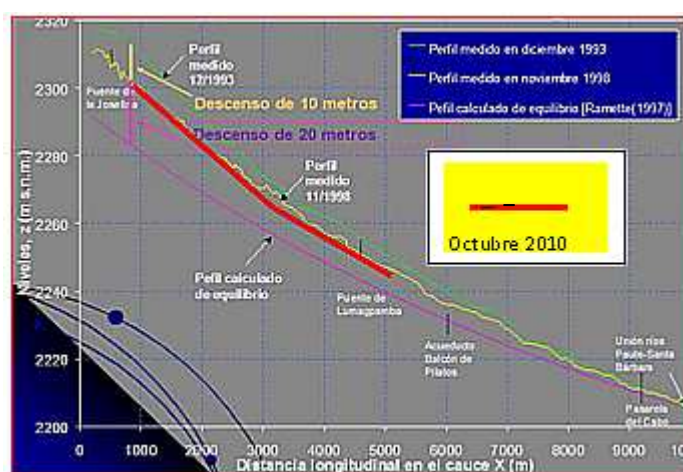


Figura 3 : Perfiles longitudinales del cauce del río Paute
Fuente: Plan Maestro Hidráulico. Dr. B. Abril Modificado: J. Velasco

d.- Cálculos de estabilidad del sector.- Según el documento " Actualización del estudio de Estabilización del cerro Tamuga " (Pistone, S. 2007) la estabilidad del macizo rocoso, de la masa deslizada y el talud frontal en su conjunto,fue analizada utilizando el programa Slide v5.0 - Rocscience. Fueron analizadas varias combinaciones de acciones incluyendo: existencia de grieta de tracción (verificada en el terreno), completamente llena de agua, sismo, coeficiente de aceleración horizontal = 0,2 g. Se utilizaron varios métodos de cálculo pero se presentan solamente los cálculos basados en el método clásico de Bishop

simplificado. En todos los casos se evaluó el caso estático exigiendo factores de seguridad $FS \geq 1.5$, y en el caso con sismo se exigieron factores de seguridad $FS_{sis} > 1$.

Los datos obtenidos se resume en los siguientes:

En el cálculo de estabilidad global de la ladera del Cerro Tamuga, el factor de seguridad obtenido es de 1,058 en el material deslizado y 1,442 en las rocas de la cresta, cuando se introduce el factor sismo los valores varían a 0,708 y 1,006 respectivamente. .

En el cálculo de estabilidad global de la ladera del Cerro Tamuga, con terraceado profundo los valores obtenidos del factor de seguridad son 1,334 en la zona de la corona y 1,814-1,825 en todo el talud , al introducir el factor sismo el factor de seguridad obtenido es de 0,950 en la zona de la corona.

El análisis de los datos obtenidos nos indican dos situaciones importantes , el primero es que en caso de sismo se podría producir la reactivación de la masa deslizada siendo importante efectuar trabajos de estabilización que reduzcan el riesgo de un posible deslizamiento y el segundo es que un terraceo profundo es de poca ayuda en la estabilización del cerro, si observamos que el factor de seguridad es menor a uno ante un eventual sismo en el sector.

CONCLUSIONES

- 1.- El registro de los datos obtenidos del monitoreo del cerro Tamuga, indican que los desplazamientos de los hitos colocados en la cresta del cerro, se mantienen alrededor de 2 cm/año.
- 2.- El análisis de los datos del monitoreo confirman que los trabajos de estabilización de la primera fase realizados tanto en el cerro Tamuga como en el cauce del río Paute, han permitido bajar el riesgo geológico del cerro.
- 3.- El cálculo de la estabilidad del cerro señala una baja probabilidad de un nuevo deslizamiento, sin embargo un sismo podría reactivar el material deslizado, tornando urgente completar el proyecto de estabilización del cerro Tamuga.
- 4.- El plan de monitoreo geodésico del cerro Tamuga y del cauce del río Paute ejecutado por CG. PAUTE, ha demostrado ser eficiente y confiable, por lo que se recomienda su continuidad.

BIBLIOGRAFIA

- Ordoñez, F. et. al. (2006). Informe sobre ensayos de laboratorio. Cuenca, Ecuador. 2p.
- Pistone, S.(2007). Actualización del estudio de estabilización del cerro Tamuga.
- Misión Asistencia Técnica Europea de corta duración en Geotecnia. Cuenca, Ecuador. 28, 32 y 33p.
- Roura, M. (2006). Estudio Geotectónico del área Tamuga. Cuenca, Ecuador.24p.
- Viteri, F. et. al. (2006). Informe de Prospección Geofísica. Cuenca, Ecuador.1p.

DIEZ AÑOS DE LA CÁTEDRA-EMPRESA CEMEX DE LA E.T.S. DE INGENIEROS DE MINAS DE MADRID

José Luis Parra y Alfaro⁽¹⁾

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ríos Rosa, 21. 28003 Madrid. España. joseluis.parra@upm.es. Subdirector de Ordenación académica de la E.T.S. de Ingenieros de Minas-UPM. Coordinador de la Cátedra-Empresa CEMEX

RESUMEN

La Cátedra CEMEX de Tecnología de Cementos, Hormigones y Morteros es una de las Cátedras Universidad-Empresa de la E.T.S de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Fue creada hace diez años y está patrocinada por CEMEX España.

En estos diez cursos ya cumplidos de vida la Cátedra ha llevado a cabo diversas actividades, entre las que destaca la organización de un curso de formación para estudiantes de la ETSI Minas, en cuya impartición participan diversas entidades, además de técnicos de la propia empresa.

Asimismo, se han realizado proyectos de investigación aplicada, algunos muy innovadores, con participación de los estudiantes, en el marco de su política de facilitar prácticas en empresa y en muchos casos la realización de proyectos fin de carrera.

Todo lo anterior ha permitido la incorporación en estos años a la plantilla de CEMEX España de numerosos profesionales formados en la ETSI Minas, los cuales se han integrado en diversos departamentos de la empresa.

Palabras clave: Cátedras Universidad-Empresa, Tecnología de Cementos, Hormigones y Morteros, Formación, Investigación

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las Cátedras-Empresa son una iniciativa pionera de la Escuela de Minas de Madrid y representan un intento de vincular más estrechamente la docencia y la investigación de la Escuela con las demandas de la industria.

Su objetivo es establecer convenios de colaboración permanente entre la Escuela y las empresas destacadas del entorno industrial. Estos convenios se basan siempre en principios de mutuo beneficio y no en criterios de subvención a fondo perdido o ayudas sin retorno.

Mediante estos convenios, que firman el Rector de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y el máximo representante de la empresa, se establecen actividades de interés común tanto docentes, como de investigación o de imagen. La Escuela facilita la selección de alumnos de los últimos cursos a las empresas y éstas pueden aportar una formación complementaria y concreta a estos estudiantes para facilitar su integración en el mercado laboral, en condiciones de alta competitividad.

En cuanto a la investigación, desarrollo e innovación, la Escuela facilita personal y medios para llevar a cabo, con unos costes muy ventajosos, proyectos conjuntos de interés para la empresa, en temas previamente convenidos.

La Escuela como institución se beneficia de las aportaciones económicas de las empresas y sobre todo conoce de cerca las necesidades del tejido industrial y económico. Todo ello dentro del marco de la mejor prestación de servicios a la sociedad, sin perder su propia autonomía y con respeto a la libertad de Cátedra.

Estas Cátedras son instrumentos valiosos de acercamiento entre la Escuela de Minas y las Empresas.

La primera Cátedra-Empresa se formalizó en 1995, con la Cátedra Repsol. Desde el año 1999 la Dirección de la Escuela ha intensificado esta valiosa herramienta de gestión académica, existiendo en la actualidad 15 Cátedras-Empresa.

La Cátedra CEMEX de Tecnología del Cemento, Hormigón y Mortero se creó en 2000 mediante un convenio entre la E.T.S.I. Minas de la Universidad Politécnica de Madrid y la empresa Valenciana de Cementos, ya entonces integrada en el grupo CEMEX España. En sus primeros años de vida se denominó Cátedra Valenciana de Cementos, pasando posteriormente a conocerse con su nombre actual de Cátedra CEMEX España.

Su objetivo principal ha sido y es aumentar la formación de los estudiantes de la Escuela de Minas en el campo de la tecnología de los cementos, hormigones y morteros. La principal actividad docente en estos años ha sido la realización de un curso específico de formación, dirigido preferentemente a los alumnos de los últimos cursos de las titulaciones que se imparten en el Centro (Ingeniero de Minas, Ingeniero Geólogo e Ingeniero Técnico de Minas, especialidad en Recursos energéticos, Combustibles y Explosivos). Asimismo, se otorgan becas para la realización de prácticas en empresa y proyectos fin de carrera en las distintas áreas operativas de CEMEX España, concediéndose un Premio anual al mejor Proyecto Fin de Carrera presentado en cada curso académico, cuya entrega tiene lugar en el marco de la ceremonia de graduación de la Escuela.

A los alumnos que completan los objetivos formativos del curso se les entrega un diploma acreditativo de haber cursado con aprovechamiento las materias del programa.

Otro de los principales objetivos de la Cátedra es el desarrollo y participación en líneas de investigación aplicada en aspectos innovadores relacionados con estos materiales, fomentando la participación de los estudiantes en las mismas.

Por último, se pretende dar a conocer las actividades y organización de CEMEX España.



Fig.1.- Diploma del Curso de Formación



Fig.2.- Entrega de diplomas de las Cátedras CEMEX y ANEFA. Curso 2009-2010

Todo lo anterior ha permitido la contratación de numerosos titulados de la E.T.S.I.M. por CEMEX España a lo largo de estos años, habiéndose incorporado a diversas áreas y departamentos operativos de la empresa.

La gestión está encomendada a una Comisión de Coordinación de Cátedra, que establece la programación anual y realiza su seguimiento, integrada por representantes de la E.T.S.I.M. y de CEMEX España. La coordinación es asumida por un profesor de la Escuela. Desde su comienzo hasta 2005 el Coordinador de la Cátedra fue el profesor Raúl Ezama y desde esa fecha hasta la actualidad esta labor está siendo desarrollada por el profesor José-Luis Parra y Alfaro.

ACTIVIDADES DOCENTES

El curso de formación está organizado en dos bloques, que desarrollan los siguientes contenidos:

BLOQUE 1:

Fundamentos teóricos de cementos, áridos, morteros y hormigones.

Nociones de calidad, certificación e I + D + i.

Prácticas de ensayos en laboratorio.

BLOQUE 2:

Estructura y organización de CEMEX España.

Viaje de prácticas a instalaciones de la empresa.

Las clases teóricas, charlas y presentaciones tienen lugar en las aulas de la E.T.S.I.M., mientras que las prácticas de ensayos de caracterización se llevan a cabo en las instalaciones del LOEMCO (Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción), organismo radicado en la E.T.S.I.M. y dependiente tanto de la U.P.M. como del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España.

El viaje de prácticas completa el curso mediante la visita a instalaciones de la empresa. Durante varios días, los estudiantes recorren fábricas de cemento y aditivos, canteras de áridos, plantas de hormigón, mortero seco y morteros especiales y laboratorios de aseguramiento de la calidad y desarrollo de nuevos productos, entre los que destacan el Laboratorio Central de I + D + i de CEMEX España, radicado en Buñol (Valencia), y el de la planta de morteros especiales de San Vicente del Raspeig (Alicante).

El profesorado del curso está constituido por:

Profesores de la Escuela, especializados en materiales de construcción.

Cuadros y directivos de las distintas áreas operativas de CEMEX España.

Técnicos e investigadores de otros organismos relacionados con esta temática. Entre otros:

LOEMCO (Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción).

IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones).

IETcc –CSIC (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

La media de participación es de unos 15 alumnos por cada curso académico, por lo que puede estimarse en unos 150 el número de estudiantes que han seguido este curso en estos diez años.



Fig. 3 y 4.- Visitas a instalaciones de CEMEX España

Otra destacada aportación de la Cátedra en estos años ha sido la concesión de becas para la realización por parte de los estudiantes de prácticas en empresa y proyectos Fin de Carrera, ambas actividades lectivas obligatorias para los alumnos de las titulaciones de la E.T.S.I.M. Su duración suele ser de un año y están dotadas con una aportación media de 7000 euros. En estos diez años se han otorgado del orden de 50.

Para promover que los trabajos de los estudiantes se lleven a cabo con la mayor calidad y aprovechamiento posibles, se dota un premio anual al mejor Proyecto Fin de Carrera de cada curso, dentro de la temática propia de la Cátedra. Consta de un diploma y un monto de 1500 euros. Los títulos de los proyectos premiados se relacionan a continuación y se puede observar que cubren todos los campos tecnológicos relacionados con el cemento, hormigón, mortero y áridos:

Curso 2010/2011.

David Salmerón Martín. "Tratamiento térmico de áridos en cantera de caliza".

Curso 2009/2010.

María Tejedor López. "Influencia de aditivos superplastificantes en el comportamiento reológico de pastas de cemento Portland".

Curso 2008/2009.

Eva-Lian Lay Gayo. "Plan de viabilidad de una planta de aditivos químicos para el hormigón".

Curso 2007/2008.

Javier Roldán Cenamor. "Fabricación de hormigones de alta densidad".

Curso 2006/2007.

Lorena Sobrino Sánchez. "Estudio de viabilidad para la implantación de una planta de morteros".

Curso 2005/2006.

Manuel Vázquez González. "Diseño de una planta de morteros especiales".

Curso 2004/2005.

Hugo Cabanillas Piera. "Instalación eléctrica de una cantera".

Curso 2003/2004.

Francisco Hernández Avellaneda. "Empleo de residuos como combustibles alternativos en la industria cementera".

Curso 2002/2003.

Esther Díaz Fernández. "Inertización de metales pesados de residuos industriales en matrices de cemento".

Curso 2001/2002.

Patricia Carrión Mateos-Cañero. "Implantación de un sistema de gestión medioambiental de una planta de hormigón preparado".

ACTIVIDADES DE I + D + I

Como se expuso al inicio, uno de los objetivos de la Cátedra es fomentar la colaboración entre la universidad y la empresa en actividades de investigación aplicada, así como promover la incorporación de los estudiantes al desarrollo de estas líneas de investigación, con el objetivo de incrementar su capacitación científica y tecnológica, así como inculcarles la actual importancia de la innovación en el entorno empresarial.

Esto se ha concretado en estos años tanto en la ejecución de proyectos financiados directamente por la Cátedra como en la participación en proyectos conjuntos con otras entidades, así como en la colaboración en actividades realizadas por otros organismos y la participación en publicaciones y comunicaciones a congresos y jornadas técnicas.

Así, se han llevado a cabo líneas de investigación relacionadas con el desarrollo de nuevos productos, como los morteros autonivelantes, o la adecuada gestión de residuos, en aspectos tales como la inertización de residuos peligrosos en matrices a base de cemento, el desarrollo de la utilización de residuos como combustible alternativo en fábricas de cemento y el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) como áridos reciclados para fabricación de hormigones.

De estas temáticas se han financiado proyectos por la propia Cátedra, entre los que cabe destacar la primera prueba a escala industrial que se llevó a cabo en España de fabricación de hormigón con áridos reciclados en su composición, para lo cual se fabricó una dosificación en una planta de CEMEX España, con la que se construyeron diversos elementos, tales como losas y pilares, cuyas características se estudiaron, comparándolas con las de un hormigón de referencia.

De resultados de este trabajo, se participó posteriormente en un proyecto liderado por la empresa de tratamiento de residuos TEC REC, junto con el LOEMCO, en una de las primeras experiencias reales ejecutadas en España en utilización de hormigón estructural fabricado con árido reciclado, en este caso aplicado a la edificación de una vivienda unifamiliar. El hormigón utilizado en esta obra se dosificó en una planta de CEMEX España, participándose también en el control y seguimiento de sus propiedades.

En 2002 se constituyó un Grupo de Trabajo en el seno de ACHE (Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural de España), coordinado por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (Centro de Experimentación de Obras Públicas), dependiente del Ministerio de Fomento de España, en el cual participó la E.T.S.I.M. con la colaboración tanto de LOEMCO como de la Cátedra CEMEX, junto con diversos organismos de investigación y universidades. Su objetivo inicial era la elaboración de una monografía sobre la utilización del árido reciclado en la fabricación de hormigones estructurales, la cual debería servir de base para la redacción de un anejo referido a esta temática con destino a la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE), documento reglamentario de referencia en España, que hasta ese momento no contemplaba los áridos reciclados entre los posibles componentes del hormigón estructural. Esto se llevó a cabo, de forma que la edición de 2008 de la EHE incorpora un Anejo sobre hormigón reciclado. Toda vez que el Grupo de Trabajo consideró que era necesario profundizar en el conocimiento de estos materiales, se comenzó un trabajo experimental que dio lugar al Proyecto RECNHOR, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente de España, y posteriormente a la tarea 2.1 "Áridos reciclados para fabricación de hormigones estructurales" del Proyecto CLEAM, financiado por el CDTI en el marco de la convocatoria CENIT, en los cuales se investigaron las propiedades del hormigón estructural fabricado con árido reciclado, muy especialmente aquéllas relacionadas con su durabilidad, mediante la elaboración de diversas dosificaciones con distintos procedimientos de amasado. En las labores encomendadas a E.T.S.I.M. y LOEMCO se contó con la colaboración de CEMEX España, a través de la Cátedra, en la preparación de probetas y la realización de ensayos, para lo cual se dotaron becas para estudiantes de la Escuela.

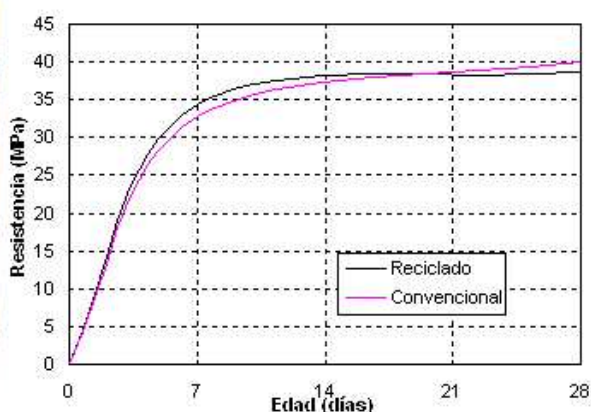


Fig. 5 y 6.- Prueba industrial de fabricación de hormigón con árido reciclado

Todos estos trabajos de investigación aplicada han dado lugar tanto a participación en actividades lectivas de los estudiantes (Prácticas de Empresa y Proyectos Fin de Carrera) como a diversas publicaciones y ponencias en Congresos y Jornadas Técnicas, tales como:

VII Jornadas de Materiales de la UPM. Madrid (España), 2005.

I Congreso Nacional de Áridos. Zaragoza (España), 2006.

I Congreso Nacional en Investigación en Edificación. Madrid (España), 2007.

XII Congreso Internacional de Energía y Recursos Minerales. Oviedo (España), 2007.

I Congreso Argentino de Áridos. Mar de Plata (Argentina), 2008.

II Congreso Nacional de Áridos. Valencia (España), 2009.

VIII Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Lima (Perú), 2010.

CONCLUSIONES

Durante los 10 años de vida de la Cátedra CEMEX se han realizado numerosas actividades que han resultado favorables tanto para CEMEX España como para la E.T.S. de Ingenieros de Minas de la UPM, muy especialmente en lo referente a la formación de los estudiantes y a su incorporación al mercado laboral.

Un número estimado de 150 estudiantes de los últimos cursos de las titulaciones impartidas en la Escuela de Ingenieros de Minas han obtenido el diploma acreditativo del Curso de Tecnología de Cementos, Hormigones y Morteros organizado por la Cátedra. De ellos, aproximadamente un tercio ha tenido la ocasión de llevar a cabo sus Prácticas en Empresa y/o su Proyecto Fin de Carrera en CEMEX España merced a becas concedidas al amparo de la Cátedra CEMEX. Y al menos 25 egresados de la Escuela se han ido incorporando a la plantilla de CEMEX en estos años, en distintas áreas operativas, ya que se pudo comprobar por el Departamento de Recursos Humanos de la empresa que las competencias de los titulados de la E.T.S.I.M. se adaptaban a muy diversas funciones dentro del campo tecnológico y gestor, lo cual se vio potenciado por la realización del Curso de la Cátedra.

Respecto a la investigación desarrollada, los proyectos de investigación dirigidos por profesores de la Escuela de Minas han sido de utilidad tanto para CEMEX España como para todo el sector de los materiales de construcción, gracias a su aportación al conocimiento y la innovación en esta área tecnológica. Los resultados se han difundido en congresos nacionales e internacionales.

EL HIDROCICLÓN DE FONDO PLANO EN LA CLASIFICACIÓN DE ARENAS

Juan Luis Bouso Aragonés⁽¹⁾

(1) Eral, Equipos y Procesos, S. A. Calle Toledo, 153. 28005 Madrid. España (jlbouso@eralgroup.com).

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las aplicaciones de los áridos, el árido fino es el de mayor importancia, pues participa en una proporción muy significativa, especialmente en la elaboración de hormigones hidráulicos y asfálticos.

De todos los áridos, el árido fino 0.063/6 mm es el que tiene un mayor espectro granulométrico, es decir la relación D/d entre sus tamaños de partícula mayor y menor, con un valor de 6, mientras que en los áridos gruesos, por ejemplo 6/12 mm, 12/19 mm o 19/25 mm, dicha relación es siempre inferior a 2. Esto reviste especial importancia en relación a las especificaciones técnicas, y es por ello que las del árido fino son más estrictas que las de los áridos gruesos. De hecho todas las normativas de áridos vigentes detallan la distribución granulométrica interna de la arena, dividiéndola generalmente en 8 fracciones, marcadas por los tamices: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm y 0.063 mm, por ejemplo, en la normativa europea EN 146121 vigente, y la instrucción española EHE: 98, figura 1.

Limites del Huso	Material retenido acumulado, en % en peso, en los tamices (mm)						
	4	2	1	0.500	0.250	0.125	0.063
Superior	0	4	16	40	70	82	90 94 85
Inferior	20	38	60	82	94	100	100

Figura 1

EMPLEO DE HIDROCICLONES PARA LAVADO Y CLASIFICACIÓN

Actualmente las plantas de producción de áridos de nuevo diseño, emplean hidrociclones para el lavado de las arenas, pues es el único equipo eficiente para recuperar las partículas superiores a 63 μ m, o 75 μ m (200 mallas) en las normas de influencia americana ASTM, lo cual también repercute en un mayor aprovechamiento de los yacimientos, y en la reducción del impacto ambiental de las instalaciones.

En la búsqueda del máximo aprovechamiento de las arenas existentes en las graveras, así como de aquellas obtenidas de la trituración de rocas, los hidrociclones juegan un importantísimo papel en el lavado y clasificación de las mismas.

El objetivo principal de un Hidrociclón es separar los sólidos suspendidos en un determinado flujo de pulpa de Alimentación, en dos fracciones, una que acompaña al flujo llamado Descarga que lleva en suspensión los sólidos más gruesos que un determinado Tamaño de Corte y otra fracción que acompaña al flujo denominado Rebose que lleva en suspensión los sólidos más finos que el citado tamaño.

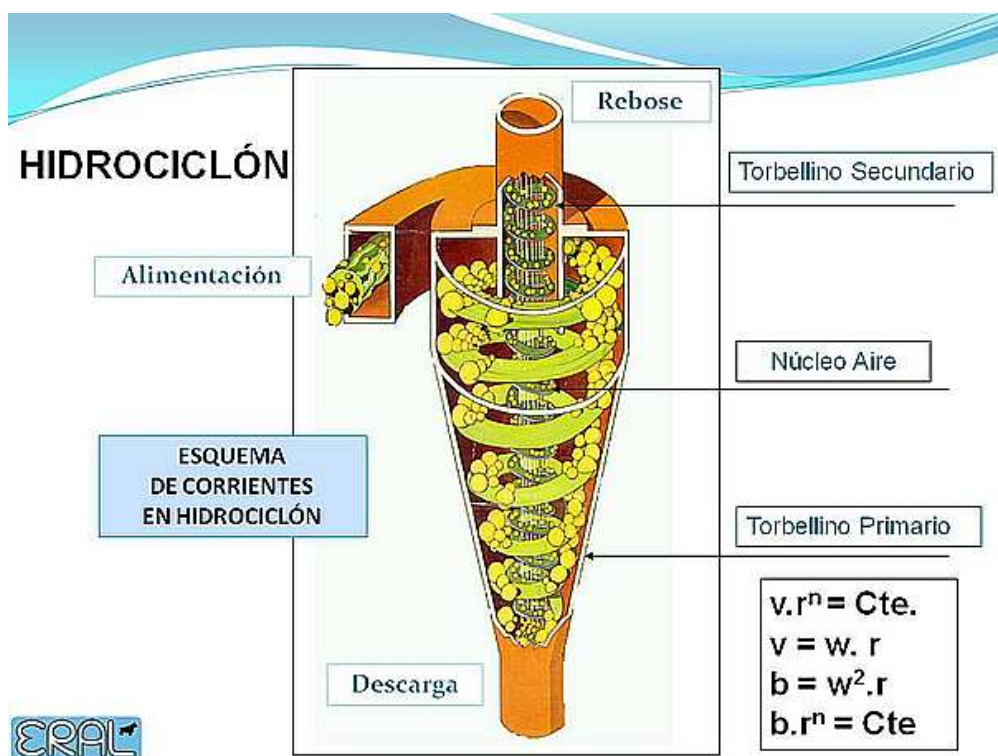


Figura 2

Dentro del hidrociclón se generan dos corrientes principales, una conocida como torbellino primario, descendente desde la zona cilíndrica de alimentación hacia el vértice inferior del hidrociclón, y otra conocida como torbellino secundario que asciende desde su vértice inferior hacia el orificio de salida exterior. Este torbellino secundario, que es donde realmente se produce la separación al generarse aquí las mayores aceleraciones tangenciales, arrastra hacia el rebose las partículas finas, inferiores al tamaño de separación. Las partículas gruesas son descargadas por el vértice inferior, figura 2.

Se construyen hidrociclones de diferente geometría, adecuada a las necesidades de la separación, pudiéndose clasificar en dos grandes grupos, hidrociclones cónicos e

hidrociclones cilíndricos, habiendo ligeras variantes constructivas dentro de cada grupo, figura 3.

Tipos	Denominación	Ángulo
CÓNICOS	Cono pronunciado	$< 20^\circ$
	Cono tendido	$> 20^\circ$
CILÍNDRICOS	Descarga periférica	180°
	Descarga central	180°

Figura 3

Los hidrociclones cilíndricos con descarga central, también conocidos como Hidrociclones de Fondo Plano, o por sus iniciales en idioma inglés, CBC, Circulating Bed Cyclone o Circulating Bed Classifier, fueron desarrollados por el profesor Helmut Trawinski.

Las principales características que diferencian al Hidrociclón de Fondo Plano de los hidrociclones cónicos convencionales son su capacidad para alcanzar tamaños de corte mucho mas gruesos, de hasta casi tres veces el que se puede obtener con hidrociclones convencionales, además de presentar una operación mucho más estable frente a variaciones de las condiciones de alimentación, en especial de la concentración de sólidos.

En los hidrociclones CBC, por su principio de funcionamiento, con una tercera corriente, se genera un lecho-fluido de partículas sólidas en el fondo del hidrociclón que están moviéndose desde la periferia del hidrociclón hacia el orificio central de descarga. Éste movimiento de convección es muy importante porque prácticamente impide el bloqueo de la descarga de gruesos cuando su concentración de sólidos se incrementa por encima de valores límite, que producirían el atasco en un hidrociclón convencional, figura 4.

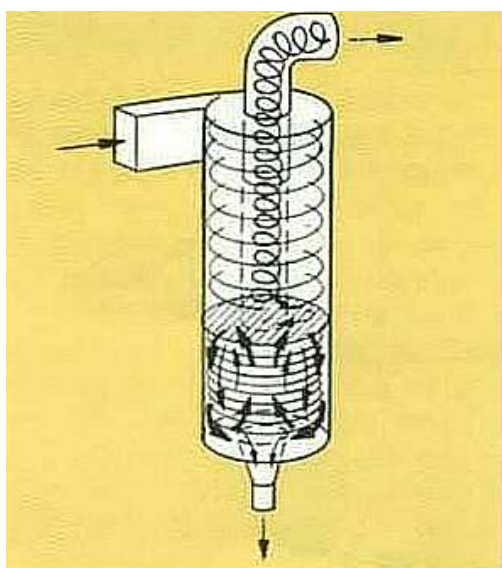


Figura 4

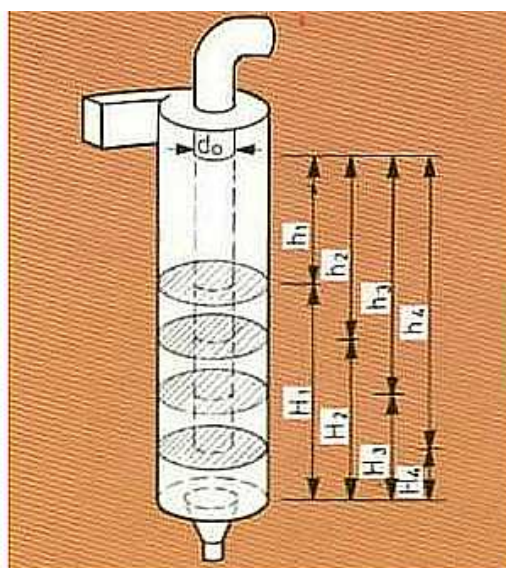


Figura 5

Uno de los problemas que supone el cambio de la concentración de sólidos en la alimentación, es que un aumento considerable de ésta puede dar lugar al bloqueo de la descarga al producirse el correspondiente aumento de la concentración de sólidos en la descarga del hidrociclón, sobrepasando valores límite.

En los Hidrociclones de Fondo Plano, el tamaño de corte, puede modificarse además de cambiando los diámetros de las toberas de alimentación, rebose o descarga, así como la presión de operación, como en los hidrociclones convencional, acortando o alargando la longitud de su cuerpo cilíndrico, alcanzándose cortes más gruesos con ciclones cortos y más finos con ciclones largos, de forma que se varía la altura desde la boquilla de descarga hasta el borde inferior de la tobera de rebose, figura 5.

Esto físicamente se lleva a cabo aumentando o disminuyendo el número de cuerpos cilíndricos del hidrociclón, lo que se traduce en una modificación de este importante parámetro que es inversamente proporcional al tamaño de corte del hidrociclón, figura 6.

La aplicación, relativamente reciente, de Hidrociclones de Fondo Plano ha permitido la producción de arenas especiales con una distribución granulométrica específica, adecuada a las diferentes aplicaciones que surgen cada día en el empleo de arenas, así como la obtención de arenas con un elevado índice de Equivalente de Arena, partiendo de arenas de baja calidad.

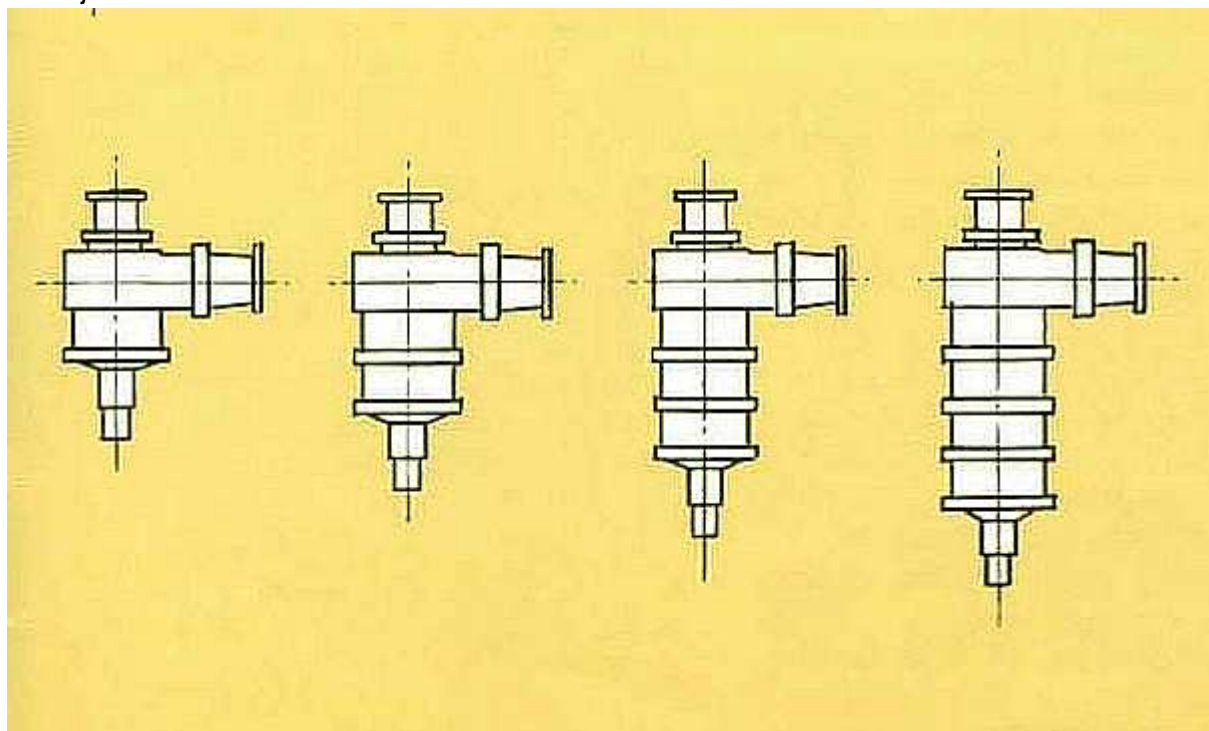


Figura 6

APLICACIONES ESPECIALES DE HIDROCICLONES DE FONDO PLANO

Una aplicación muy interesante del Hidrociclón de Fondo Plano es la producción de arenas con granulometrías especiales. La figura 7 muestra una instalación de lavado y clasificación de arenas, en las que una primera etapa provista de hidrociclones de fondo plano, efectúa

una clasificación en el entorno de las 500 micras, 0.5 mm, y una segunda etapa con hidrociclones cónicos convencionales, efectúa un corte a unas 50 micras.



Figura 7

El grafico de la figura 8 muestra las curvas granulométricas de la arena gruesa y fina obtenidas en esta instalación. Las arenas gruesas obtenidas son empleadas principalmente para la elaboración de hormigón, mientras que las arenas finas don empleadas para la fabricación de hormigones y morteros, pero también pueden ser empleadas como producto de un mayor valor añadido para la fabricación de hormigones pretensados y postensados de alta resistencia, como arena fluidificante para hormigones bombeables y autonivelantes, y también para pistas deportivas como campos de golf y pistas de equitación.



CUADRO RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

SOINVAL

TAMICES MILÍMETROS	SERIOPOL IV			2 x SERIOPOL III		
	% RETIDO	% ACUMULADO	% PASTE	% RETIDO	% ACUMULADO	% PASTE
4000	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
2000	55,37	55,37	77,63	0,03	0,03	99,97
1000	47,89	70,26	29,74	0,04	0,09	99,91
500	21,13	91,39	8,61	1,20	1,29	98,71
250	6,63	98,02	1,98	13,16	34,45	65,55
125	0,83	99,19	1,17	35,01	49,46	50,54
63	0,25	99,95	0,92	55,41	91,87	8,13
FINESIMA	0,92	100,00	0,00	8,13	100,00	0,00

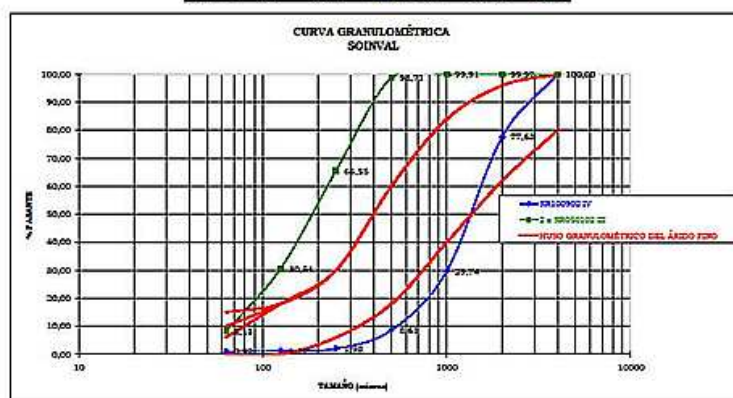


Figura 8

Esta solución de clasificar la arena normal en dos fracciones permite mediante la mezcla posterior de las mismas en diferentes proporciones, la obtención de una arena con una distribución granulométrica muy especial. La figura 9 muestra otra instalación de este tipo, combinando Hidrociclones de Fondo Plano en una primera etapa de clasificación, e hidrociclones convencionales, de menor diámetro, en la etapa siguiente de lavado y escurrido de la fracción fina.

Resulta también muy interesante la posibilidad de efectuar el lavado de la arena mediante Hidrociclones de Fondo Plano para alcanzar tamaños de corte mas elevados. Esto se traduce en la posibilidad de producir arenas de calidad, con un Equivalente de Arena dentro de normas, partiendo de arenas con un alto contenido de finos, o con finos de naturaleza arcillosa plástica, cuyo lavado convencional produciría arenas con un bajo Equivalente de Arena que no pueden emplearse para la elaboración de hormigón.



Figura 9

El lavado más enérgico que se alcanza con los Hidrociclones de Fondo Plano permite producir arenas de calidad con el máximo rendimiento, ajustando el tamaño de corte al necesario para obtener una arena lavada con el valor de Equivalente de arena deseado.

La figura 10 recoge un cuadro donde se muestran una serie de experiencias de lavado de arenas, que indican la relación entre el tamaño de clasificación y el valor del Equivalente de Arena.

MEJORA DEL EQUIVALENTE DE ARENA mediante clasificación

TIPOS DE ARENA	I	II	III	IV
TAMAÑO DE CORTE	EQUIVALENTE DE ARENA (SE)			
Lavado a 63 μm	37	72	-	82
Clasificación a 90 μm	55	-	-	86
Clasificación a 125 μm	82	85	86	-
Arena bruta 0/5 mm (% < 63 μm)	27.26	27.71	39.19	25.30

BIBLIOGRAFÍA

- Bouso, J. L. (1983). Equipos de tratamiento por vía húmeda, Rocas y Minerales
- Bouso, J. L. (1999). Hidrociclones de Fondo Plano, Canteras y Explotaciones
- Bouso, J. L. (2002). Soluciones Medioambientales para Minerales No Metálicos, Lima, Perú
- Bouso, J. L. (2005). Aproveitamento das Areias Finas, Sao Paulo, Brasil

LAVADO PRIMARIO DE ÁRIDOS

Juan Luis Bouso Aragonés⁽¹⁾

*(1) Eral, Equipos y Procesos, S. A. Calle Toledo, 153. 28005 Madrid. España.
E-mail: jlbouso@eralgroup.com*

INTRODUCCIÓN

Comienza a ser frecuente en el procesamiento de minerales encontrarse con yacimientos en los que la presencia de un elevado contenido de arcilla dificulta y llega a impedir a veces el tratamiento.

La presencia de arcilla en los yacimientos, ha comenzado a darse con cierta frecuencia, sin duda porque, por razones fáciles de entender, los mejores yacimientos ya fueron tratados por nuestros antecesores, o bien porque la presión ambiental obliga a tratar yacimientos alejados de zonas urbanas, para disminuir el impacto ambiental todo lo posible, y ello obliga a las empresas mineras a tratar minerales, estén donde estén, con las condiciones impuestas por la naturaleza, cosa que hace tan solo unos pocos años era impensable.

Un alto contenido de arcilla genera problemas en las etapas primarias del proceso de tratamiento, muy especialmente en las fases de trituración primaria y secundaria. Los equipos de alimentación, debido a la plasticidad de la arcilla que envuelve a las fracciones gruesas del mineral procedente del yacimiento, no funcionan adecuadamente, y ello da origen a un régimen de alimentación muy variable, que los equipos de trituración y cribado no pueden absorber.

En ocasiones en la fase de alimentación se generan atascos que llegan a interrumpir la misma por largos periodos de tiempo, mientras que en otros momentos, ante la ausencia de arcilla, la alimentación alcanza valores muy elevados, imposibles de aceptar por la planta.

En estos casos, cuando la naturaleza y el contenido de arcilla en el material a tratar provocan este tipo de problemas, se hace necesario dotar a las plantas de una fase de lavado primario que permita separar la arcilla, e inclusive en algunos casos eliminarla, para permitir la marcha normal de las fases siguientes de trituración, molienda y concentración.

Entrar en una fase de lavado significa entrar en un proceso vía húmeda, con todo lo que eso lleva involucrado, y en consecuencia el lavado primario deberá de ir acompañado de otra serie de procesos unitarios, clasificación, recuperación de la fracción fina, clasificación de las arcillas y en caso necesario eliminación de las mismas, y finalmente podría llegar a ser necesario introducir una etapa de clarificación de aguas y espesamiento de las arcillas o finos eliminados, es decir estaremos contemplando un proceso global de mayor complejidad que un simple lavado.

PROCESO GLOBAL DE LAVADO

En función de la naturaleza del todo uno a tratar, del contenido y tipo de la arcilla o finos a separar variará el proceso a seguir, y sobre todo su grado de complejidad.

En general, cuando el contenido de arcilla en el mineral procedente del yacimiento es importante, y además el mismo tiene un cierto grado de humedad, por encima del 3-5 %, la etapa de precibado previa a las etapas de trituración presenta muchos problemas.

Si la capacidad de tratamiento de la planta es muy grande, por encima de 500 t/h, es posible que la primera etapa de trituración sea en base a un Triturador Superior de cono, en cuyo caso, el mineral procedente del yacimiento entra directamente en el mismo, y el proceso de precibado se deberá realizar después de esta primera etapa.

En la mayoría de las plantas de pequeña, media o inclusive gran capacidad, la primera etapa de trituración se realiza mediante una trituradora de mandíbulas, y en ese caso, es preciso realizar un precibado previo para evitar la entrada de fracciones finas a la trituradora, que además de restarle capacidad son causa de abrasión indeseable en las mandíbulas de la trituradora. En el caso de materiales con altos contenidos de arcilla, la entrada de ésta en la trituradora, la arcilla acaba adhiriéndose a las mandíbulas originando frecuentes atascos y una pérdida significativa de capacidad.

El precibado se suele realizar a un tamaño que varía entre 50 mm y 100 mm, lo que cual es problemático si hay contenidos importantes de arcilla, especialmente en presencia de humedad, motivo por el cual el tamaño de separación debe elevarse a 150 mm o inclusive 200 mm, para reducir los problemas originados por la arcilla.

Por otro lado el aumentar el tamaño del precibado tiene la ventaja de que la fracción de roca que se envía a la trituradora está exenta de arcilla, lo cual mejora su operación, pero sobre todo el mayor beneficio es que las etapas de trituración secundaria y terciaria, con las correspondientes etapas de cribado, reciben material limpio mejorándose así la operatividad de todo el proceso de trituración y la calidad de los productos finales.

La otra cara de la moneda, es que en el precibado se genera una fracción inferior a 100-200 mm que contiene la mayoría o totalidad de la arcilla, cuya manipulación genera muchos problemas debido a su plasticidad.

Si el contenido de mineral útil en esta fracción no es elevado, eventualmente podría eliminarse esta fracción, prescindiendo de su tratamiento. Lamentablemente esto no sucede en la mayoría de los casos y ello obliga a desarrollar un proceso de lavado para esta fracción, lo que denominamos Lavado Primario.

El lavado primario debe ser considerado como un proceso global, que involucra una serie de etapas posteriores al propio lavado. En líneas generales este proceso global consistiría en las siguientes etapas:

Una etapa de lavado de gruesos del producto generado en el precibado mediante Cilindro Lavador. En esta etapa es donde se introduce al proceso la mayor parte del agua necesaria para el lavado.

Una etapa de cribado posterior con el objetivo de obtener una o varias fracciones gruesas lavadas que serán enviadas a las etapas de trituración secundaria y/o terciaria. El cribado se realiza mediante cribas vibrantes, de diferentes tipos en base a los tamaños de separación. En general, el tamaño mínimo de cribado está en torno a los 6 mm. La fracción fina inferior a este tamaño mínimo, que llamamos arenas, es enviada junto con el agua empleada en el lavado, a una etapa de lavado-recuperación.

Una etapa de lavado-recuperación de arenas mediante la aplicación combinada de Hidrociclón y Escudridor vibrante, cuyo objetivo es obtener arenas exentas de arcillas que puedan ser enviadas directamente al acopio final. Al mismo tiempo, en el rebose del hidrociclón, se obtiene una pulpa que contiene la fracción ultrafina inferior al tamaño de corte seleccionado en el hidrociclón, generalmente en torno a las 63-75 micras (250-200 mallas), que es enviada a una etapa posterior de Clarificación-Sedimentación

Dependiendo del contenido de material útil que pueda haber en la fracción ultrafina separada por el hidrociclón, el rebose de éste puede ser enviado a:

Una etapa de clasificación muy fina, en torno a las 10-20 micras, para tratar de separar las partículas de arcilla de las de arena fina. En este caso las partículas que denominamos "arena ultrafina" se recuperan y se envían a su acopio como un nuevo producto, dando un valor añadido al proceso. Las arcillas y finos nocivos, junto con el agua empleada en todo el proceso de lavado, se enviarían a una etapa de clarificación-sedimentación.

Directamente a una etapa de clarificación-sedimentación para recuperar la mayor parte del agua posible que se recircularía al proceso.

Las aguas del lavado junto con los finos se enviarían a una etapa de clarificación mediante Tanques Clarificadores-Espesadores.

Es recomendable emplear Clarificadores de Alto Rendimiento, específicamente diseñados para la sedimentación de arcillas, que se comportan mejor que los Tanques Espesadores Convencionales a efectos de recuperación de agua, ya que este tipo de Clarificadores permite obtener un producto espesado con mayor concentración de sólidos, lo que significa aumentar la recuperación de agua y disminuir al mismo tiempo los problemas medioambientales.

Eventualmente, en aquellas plantas donde las especificaciones medioambientales sean muy restrictivas, o donde haya escasez de agua, la fase de lavado puede concluirse con una etapa de filtración de las arcillas espesadas, mediante Filtros Prensa automáticos, que permiten obtener un estéril final totalmente manejable mediante cintas transportadoras o camiones, al mismo tiempo que se reduce al mínimo posible la pérdida de agua.

Una vez descritos los detalles principales del proceso global de lavado y sus diversas etapas, haremos una ligera exposición de los equipos generalmente empleados en cada una de ellas, y sus características más destacadas.

LAVADO DE GRUESOS

Los Cilindros Lavadores para el lavado primario de rocas son los equipos más adecuados, porque pueden tratar sin problemas rocas de gran tamaño, que en los equipos de mayor diámetro pueden llegar a ser de hasta 400 mm.

Los cilindros suelen tener una relación longitud-diámetro de 3, aunque varía según los distintos fabricantes. El diámetro en general se elige en base al tamaño máximo de alimentación, y la longitud en base al tiempo que se precisa permanezca el material en su interior, para conseguir el efecto de lavado deseado. Obviamente, el tiempo de residencia depende directamente del volumen efectivo del cilindro, y éste es una combinación de su diámetro y su longitud.

Como sucede con los molinos tubulares, los cilindros de buen diseño operan a un rango de velocidad y a un volumen de llenado óptimo, que es fijado por cada fabricante en función de las características constructivas del equipo, debiendo tener en cuenta que ambos parámetros, velocidad de giro y factor de llenado, inciden directamente en la potencia del sistema de accionamiento del cilindro.

Al momento de determinar el modelo de Cilindro a emplear en una aplicación determinada hay que tener muy en cuenta lo anteriormente mencionado, para lo que es imprescindible

conocer el tamaño máximo de roca en la alimentación, el mínimo tiempo de residencia necesario, y la capacidad de tratamiento.

Resulta conveniente haber realizado algunos ensayos previos de lavado, en los que se puede determinar el tiempo de residencia y la concentración de sólidos más conveniente, para obtener el efecto de lavado requerido.

Todo lo anterior permite determinar el diámetro y longitud del cilindro a emplear, y la potencia necesaria para su accionamiento. Resulta imprescindible al momento de seleccionar un cilindro, no solamente fijar sus dimensiones sino lo que es más importante, la potencia de accionamiento.

Si se comparan dos cilindros con dimensiones similares, el que disponga de mayor potencia de accionamiento, podrá operar con una mayor carga interior, lo que significa que o bien lavará mejor o podrá hacerlo a una mayor capacidad.

En la actualidad, la mayoría de los Cilindros Lavadores existentes en el mercado, van provistos de un sistema de accionamiento en base a neumáticos de alta capacidad de carga, que opcionalmente puede ser de velocidad variable.

Algunos fabricantes, como Eral, dotan a sus Cilindros de un sistema de accionamiento modular, en base a unidades motrices y unidades portoras intercambiables, de modo que en cualquier momento, fuese necesario aumentar la capacidad de tratamiento o mejorar la calidad del lavado, podría ampliarse fácilmente la potencia del accionamiento, pudiendo llegar inclusive a duplicarla. Esta solución en base a Unidades Ruedas tiene la gran ventaja de prescindir de elementos mecánicos de transmisión, lo que significa una mayor fiabilidad del equipo y un menor nivel de mantenimiento, figura 1.



Fig. 1: Cilindro Lavador, detalle accionamiento



Fig. 2: Cilindro Lavador, detalle del interior

Los esfuerzos de atrición a que están sometidos los sólidos durante su circulación por el interior del cilindro, provocan que la arcilla adherida a las partículas gruesas se suelte y se “disuelva” en el agua. El cilindro va provisto interiormente de unas barras elevadoras, situadas longitudinalmente, en número variable dependiendo del diámetro del cilindro y del tamaño máximo del producto de alimentación, figura 2.

Dependiendo de las características del material a tratar, el interior del cilindro está provisto de paletas de diferentes tipos, que condicionan el movimiento y tiempo de residencia del material en su interior. Siempre que es posible, se procura no instalar ningún tipo de paletas, ya que el material de alimentación avanza hacia el extremo de salida simplemente por gravedad, al igual que en los molinos de rebose. En base al tamaño máximo de las rocas puede ser necesario instalar paletas de extracción en el extremo de descarga del cilindro.



Fig. 3: Cilindro Lavador con tromel preclasificador a la salida



Fig. 4: Cilindro Lavador con criba de clasificación

El cilindro lavador opcionalmente, puede ir equipado en ocasiones con un tromel de preclasificación en el extremo de salida, figura 3, con el objeto de eliminar de la descarga del cilindro la mayoría del agua junto con las arenas, de modo que la fracción gruesa lavada se pueda enviar mediante cinta transportadora a las etapas siguientes de trituración o clasificación. La clasificación con tromel no es eficiente, de ahí su denominación como tromel pre-clasificador o tromel de agotado, pues esa es su principal misión, agotar el agua a la salida del cilindro.

En general solo se emplea en plantas de pequeña o media capacidad, y sobre todo cuando el contenido de fracción fina en la descarga del cilindro no es muy elevada.

CRIBADO

Normalmente la descarga del cilindro se envía a una criba de clasificación convencional, donde se realiza la separación de las arenas para permitir el envío de la fracción gruesa a las etapas de trituración, figura 4.

En ocasiones el tamaño de cribado deseado a la salida del cilindro es muy fino, en cuyo caso se recurre al empleo de cribas horizontales de vibración lineal. También a veces se emplea este tipo de cribas cuando hay limitaciones en la altura de la instalación, pues estas cribas ocupan mucho menos espacio.

Como se indicaba, la fracción gruesa se envía a las etapas de trituración. Normalmente se emplean cribas de dos paños, por lo que es posible realizar dos clasificaciones, por ejemplo una a un tamaño de unos 20-30 mm, y otra a un tamaño de 4-6 mm, de modo que es posible enviar la fracción más gruesa a la trituración, la fracción media a la clasificación, y la fina a la etapa de lavado de arenas. De realizarse solamente una clasificación, todo el material grueso, superior a 4-6 mm se enviaría a la etapa de trituración, figura 5.



Fig. 5: Criba de 3 paños en la descarga de Cilindro



Fig. 6: Sistema de riego en criba

En cualquier caso las cribas de clasificación instaladas en la descarga del cilindro van provistas siempre de un sistema de riego de agua a presión, para ayudar al cribado y realizar el aclarado final de las fracciones gruesas.

LAVADO-RECUPERACIÓN DE ARENAS

La fracción fina, arenas, junto con el agua, procedente de la clasificación bien del tromel de preclasificación y de la criba, se envía, normalmente por gravedad, a una instalación de hidrociclonado con escurridor, donde se realiza el lavado de esta fracción, eliminando las arcillas “disueltas” en el proceso de atrición del cilindro lavador, y obteniendo unas arenas lavadas que se envían al acopio.

Actualmente la mayoría de las instalaciones de hidrociclonado se construyen con un diseño conocido como Plantas Compactas, que permiten una mayor rapidez y sencillez de instalación, al mismo tiempo que permiten ahorrar espacio, figura 7.



Fig. 7: Planta compacta de hidrociclonado MLE



Fig. 8: Escurridor vibrante, detalle descarga

Las instalaciones de hidrociclonado están compuestas por:

- Una Cuba o Depósito principal, donde se recoge la pulpa con la fracción fina procedente del cribado, provista de una bomba centrífuga que extrae la pulpa y la bombea a un hidrociclón., que efectúa la separación. La bomba va provista de revestimientos que pueden ser de elastómero o de acero aleado, altamente resistentes a la abrasión, en función de la naturaleza, tamaño, forma y abrasividad de los sólidos.

- Un hidrociclón o hidrociclones en número y tamaño adecuado para tratar el caudal de pulpa requerido, clasificando los sólidos al tamaño deseado. Los hidrociclones empleados tienen que ser seleccionados considerando la carga circulante provocada por el filtrado del escurridor.

- Un Escurridor vibrante que realiza el filtrado o escurrido de la arena lavada descargada por el hidrociclón. La arena lavada es descargada por el hidrociclón sobre un escurridor vibrante, una especie de criba horizontal con inclinación ascendente hacia el extremo de salida, y accionado por un mecanismo que le imprime una vibración lineal de alta frecuencia y baja amplitud. Dicha vibración provoca la separación del agua de los sólidos, creando un efecto de filtración, de modo que el agua atraviesa las mallas del fondo del escurridor, mientras que los sólidos avanzan hacia el extremo de salida.

En el proceso de Filtración-Escurrido se obtiene una arena con la mínima humedad, al mismo tiempo que un líquido filtrado con un ligero contenido de partículas sólidas, inferiores a la luz de la malla, que han atravesado la misma en el proceso de escurrido, figura 8.

Este filtrado es conducido a la cuba, generando un circuito cerrado, que es necesario tener en cuenta al momento de diseñar y calcular la instalación de hidrociclonado, pues afecta importantemente al caudal que se tiene a bombear y que recibe el hidrociclón como alimentación.

CLARIFICACIÓN DE AGUAS Y ESPESADO DE ARCILLAS

La pulpa de rebose evacuada por la etapa de lavado de arenas con hidrociclón, contiene la arcilla que se ha eliminado en el proceso de lavado, contenida consiguientemente en el producto bruto de alimentación y que durante el proceso de lavado se ha ido “disolviendo” en el agua.

Este efluente del lavado se envía directamente a una etapa de Sedimentación en Tanques Espesadores, de modo que se obtiene agua clarificada que se recirculará al proceso, y simultáneamente en la descarga del Tanque, una pulpa con una concentración suficientemente alta para poder ser enviada a balsas para su secado definitivo.

La concentración de sólidos del rebose del hidrociclón debe ser muy baja para operar eficientemente, reduciendo al mínimo el gasto de floculante y consiguiendo un buen nivel de espesado de los sólidos sedimentados.

Dada la naturaleza arcillosa del mayor porcentaje de los sólidos a ser espesados, es conveniente emplear preferentemente Tanques Clarificadores de Alto Rendimiento especialmente diseñados para la sedimentación de arcillas, con un fondo con mayor inclinación, y otros aspectos específicos, figura 9.



Fig. 9: Espesador Alto Rendimiento, detalle del fondo



Fig. 10: Espesador Alto Rendimiento, detalle rastras

El diseño del sistema de rastrillos, tiene que acercar las arcillas sedimentadas hacia el centro del tanque, con una baja velocidad de giro para evitar que se produzca el movimiento global de la masa sólida, asociada al sistema de rastras. El sistema de control automático de estos tanques operando con arcillas, está diseñado para poder controlar el par del accionamiento del mecanismo de rastras, y el nivel del lecho fluido creado en el fondo del tanque, figura 10.



Fig. 11. Equipo de floculación automático



Fig. 12. Equipo de control de la sedimentación, CONVES

El sistema de preparación y dosificación del floculante es de suma importancia en la sedimentación de arcillas, por lo que hoy día, éstos equipos están totalmente automatizados y son absolutamente programables por el usuario en función de las condiciones de la sedimentación, figura 11.

La sobre-floculación puede provocar efectos adversos en la sedimentación, ya que con las arcillas se produce un efecto de esponjamiento que impide alcanzar altas concentraciones de sólidos en la descarga.

Para evitar este problema, Eral ha desarrollado un sistema automático de control de la velocidad de sedimentación, CONVES, extremadamente simple que además de conseguir la aportación optima de floculante en cada momento, permite reducir notablemente los costos de operación, figura 12.

CLASIFICACIÓN FINA

En muchos casos el efluente de la planta de hidrociclonado, puede tener, además de valores importantes de arenas finas que pueden ser recuperadas antes de la etapa de clarificación

En estos casos es recomendable intercalar, antes de la etapa de clarificación-sedimentación, una etapa de clasificación muy fina, en el rango de 30-50 micras, mediante hidrociclones de menor diámetro y alta capacidad de corte, con una geometría especial para alcanzar cortes tamaños de corte muy pequeños, figura 13.



Fig. 13: Hidrociclones de pequeño diámetro



Fig. 14: Distribuidor con 38 hidrociclones de 100 mm de diámetro

Los ciclones de pequeño diámetro tienen una capacidad de tratamiento limitada, por lo que generalmente deben ser montados en baterías o distribuidores con un diseño compacto pero que permitan instalar el número necesario de hidrociclones, de acuerdo al caudal de efluente.

Por supuesto el principal objetivo de un buen sistema de distribución es conseguir un reparto de pulpa lo mas uniforme posible. Para mayor flexibilidad de operación es conveniente dotar al distribuidor de válvulas de corte para cada hidrociclón, a poder ser de accionamiento automático, con lo que se podrá conseguir una operación eficiente, con flexibilidad para ajustarse fácilmente a las variaciones imponderables del proceso, figura 14.

FILTRACIÓN DE ARCILLAS

En aquellas plantas donde las especificaciones medioambientales sean muy restrictivas, o donde haya escasez de agua, la fase de lavado puede concluirse con una etapa de filtración de las arcillas espesadas, mediante Filtros Prensa automáticos, que permiten obtener un estéril final totalmente manejable mediante cintas transportadoras o camiones, al mismo tiempo que se reduce al mínimo posible la pérdida de agua, figura 15.

Los Filtros Prensa de gran capacidad, pueden ser de dos tipos, unos de capacidad media en los cuales se produce la apertura de todas las placas simultáneamente, consiguiendo de este modo ciclos muy rápidos, Filtros Tipo C, y otros de gran capacidad, equipados con hasta 150 placas en una sola unidad, en los que la apertura del filtro se realiza placa a placa, Filtros Tipo S, figura 16.



Fig. 15: Filtro Prensa automático Tipo C



Fig. 16: Filtro Prensa automático Tipo S

La filtración de arcillas tiene unas características que la hacen muy especial, dada su naturaleza plástica, lo cual a menudo dificulta la filtración e inclusive la imposibilita. En ocasiones, con arcillas muy plásticas, la filtración en ocasiones se vuelve imposible, y hay que recurrir al empleo de aditivos coagulantes como la cal que posibiliten la creación de la torta.

En plantas de capacidad baja o media, la cantidad de arcillas a filtrar puede no ser excesiva, y entonces la filtración de las arcillas con filtros prensa, que no precisan ningún reactivo resulta interesante, no solo desde el punto de vista medioambiental, que siempre lo es, sino también desde el punto de vista económico, al disminuirse los problemas del espacio necesario para el vertido de los estériles y aumentarse la recuperación directa de agua de proceso.

En plantas de gran capacidad puedan montarse instalaciones de filtración con varios filtros operando en paralelo. Para mejorar la eficiencia del sistema, se suelen instalar Silos de almacenamiento entre los Tanques Clarificadores y los filtros, para independizar la operación de sedimentación de la de filtrado, y evitar interferencias entre los ciclos de descarga del filtro y del tanque clarificador, que en ambos equipos está automatizada y podrían llegar a coincidir, figura 17.



Fig. 17. Instalación de filtrado con 4 Silos y 3 Filtros Prensa Tipo S 1500/150

El trabajo aquí expuesto es una demostración de que hay tecnología eficiente y fiable para acometer con éxito el lavado primario de áridos con alto contenido de arcilla, lo que representa, sin duda, una alternativa para el tratamiento de yacimientos que hasta el momento se ha evitado tratar por su complejidad.

Esto significa un paso adelante hacia el desarrollo sostenible, al permitir un mejor y mayor aprovechamiento de nuestros recursos minerales.

BIBLIOGRAFÍA

Bouso, J. L. (1983). Equipos de tratamiento por vía húmeda

Bouso, J. L. (1983). Lavado y clasificación hidráulica

Bouso, J. L. (2001). La filtración de lodos y el impacto ambiental

Bouso, J. L. (2002). Soluciones medioambientales para las plantas de tratamiento de minerales metálicos

Bouso, J. L. (2004). Evolución de los equipos de lavado de arenas, clarificación de aguas y filtración de lodos, debido al control medioambiental

Bouso, J. L. (2005). Application of dewatering screens in tailings filtration

LA FORESTACION EN CANTERAS PROVEEDORAS DE ARIDOS PARA EL HORMIGON ELABORADO: PRIMER PASO EN LA MINIMIZACION DE IMPACTOS Y LA GESTION SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS

Javier Leggiero⁽¹⁾, Mónica Ruggiero⁽²⁾, y Julio Luis del Río⁽³⁾.

(1) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtgeoabiental@canterasyaravi.com.ar

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: julioluisdelrio@gmail.com

RESUMEN

El reconocimiento de los efectos ambientales sobre el paisaje que se producen en la producción primaria de áridos para la elaboración de hormigones tiene una respuesta eficaz a partir de una sólida y comprometida política ambiental que presenta a un diversificado menú de intervenciones forestales.

Estas intervenciones se orientan a la internalización de criterios ambientales mediante la capacitación del personal en temas de reproducción, cuidado y mantenimiento forestal.

Interacciones con establecimientos educativos técnicos e implantaciones estético productivas enmarcadas en programas oficiales de promoción forestal.

Palabras claves: Explotación de Áridos, Forestación, Política Ambiental

ABSTRACT

Environmental effects on the landscape -resulting mainly from primary aggregate production for concrete manufacturing, find an effective response based on a solid and committed environmental policy. This policy is displayed through diverse forestation works.

Forestation works are aimed to the incorporation of environmental criteria through staff training in areas concerning forest reproduction, care and maintenance.

The project involves interaction with schools and esthetic and productive planting under government forestation promotion programs.

Key Words: Aggregate Exploitation, Forestation, Environmental Policy.

INTRODUCCIÓN

El primer eslabón en la cadena de producción del hormigón elaborado se centra en la obtención de los recursos primarios de origen mineral.

Es en esta etapa donde también se producen los primeros impactos sobre el ambiente, que de modo imaginativo, técnicamente solvente y comprometidamente afrontados deben minimizarse. El tema de la forestación ligada a la minería aparece en general como un requerimiento propio de la autoridad de aplicación ambiental o minera, más que de una necesidad inherente a la actividad productiva, sin embargo adquiere un valor propio para Canteras Yaraví S.A. que la asume y considera como un compromiso de repercusiones transgeneracionales.

En el primer caso, es considerado como elemento de amortiguación ambiental ante las externalidades del proceso productivo, ya sea como un elemento eficaz y de auto mantenimiento para el control en el transporte eólico del material particulado o minimización

del impacto visual en el paisaje. También como elemento de seguridad a los fines de evitar o dificultar el acceso a las áreas de trabajo críticas como los frentes de explotación por personas ajenas a la Empresa, pobladores cercanos o visitantes indeseables.

En el segundo caso, es decir como valor y convicción se enhebra en las políticas no sólo ambientales sino de desarrollo local, que conlleva la Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

En efecto, en la imagen que el común de la gente hace de los paisajes rurales, erróneamente se los valora como si fuesen ecosistemas prístinos y en consecuencia se los suele considerar como ámbitos naturales y no como territorios productivos. En realidad estos ambientes suelen ser altamente transformados en tanto en sus componentes bióticos y topográficos.

Si bien una frondosa arboleda puede, en caso que se encuentre conformada por especies exóticas, no implicar ningún atributo natural constituye un rasgo o manifestación de preocupación y acción por la sanidad ambiental que contribuyen significativamente a potenciar el servicio ambiental conocido como *amenidad* (Ortolano, 1984), que se vincula a los lugares valorados por su aspecto tanto estético como paisajes placentero positivos espiritualmente.

En Canteras Yaraví S.A. se ha pensado el tema forestal como un elemento central de su política ambiental y su compromiso con el desarrollo local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de la forestación en ambientes afectados por minería conlleva metodológicamente distintas etapas que en principio implican:

Establecer el análisis de los usos potenciales del terreno en la fase de post-explotación en relación con los usos y prácticas circundantes de cada yacimiento explotado.

Seguidamente se realizan análisis ambientales que caractericen los factores determinantes:

- Factores del Clima

- Factores Topográficos

- Análisis del medio técnico (Osterrieth et al, 2005):

 - compactación,

 - granulometría de los materiales,

 - densidad,

 - porosidad y permeabilidad,

 - humedad,

 - presencia de nutrientes

 - Química del tecnosol.

Determinación de cursos de acción:

- Restauración.

- Recuperación Natural inducida.

- Rehabilitación.

Una vez alcanzada esta etapa la Empresa define tres vías principales de intervención:

- Forestación interactiva con alumnos de escuelas de la zona

- Forestación con recursos propios debidamente capacitados.

- Forestación enmarcada en programas oficiales de promoción forestal.

RESULTADOS

Forestaciones interactivas:

Desde el invierno del año 2007 se procedió a la forestación de las canteras en explotación, y particularmente el Yacimiento La Florida fue escenario de la actividad desarrollada en forma conjunta con los alumnos de Escuela de Educación Agropecuaria N°1 Laguna De Los Padres (Foto 1 y 2).



Foto 1: Alumnos de la Escuela de Educación Agropecuaria N° 1 Laguna de los Padres



Foto 2: Alumnos de la Escuela de Educación Agropecuaria N° 1 Laguna de los Padres

El programa forestal de este Yacimiento se orienta a la recuperación natural inducida orientada a la disminución del impacto visual y la dispersión atmosférica de material particulado.

Forestación con recursos propios

El año 2008, se inicio con la capacitación de personal de la Empresa en las prácticas de implantación cuidado y reproducción de especies arbóreas para su uso intensivo en canteras.

Producto de esta capacitación se ha internalizado en la Empresa la importancia y la responsabilidad en el proceso de implantación y cuidado de la forestación.

Como resultado de la capacitación recibida y el entusiasmo del personal que recibió la capacitación se desarrollo en el seno de la Empresa un vivero forestal destinado a la reproducción, mantenimiento y cuidado de las masas forestales de las distintas canteras controladas por la Empresa bajo la supervisión de docentes de la Escuela Agrotécnica de Laguna de los Padres (Iribarren, 2008). (Foto 3)



Foto 3

En dicho vivero se producen especialmente a través de esquejes, y semillas especies tanto autóctonas como exóticas de rápido crecimiento, rusticidad y eficacia para la generación de pantallas densas, vistosas y de bajo costo de cuidado y mantenimiento.

Este proceso educativo interno se inscriben proyectos de rehabilitación mediante *forestación temática biogeográfica* a ensayarse en el Yacimiento Yaraví Minera (Ruggiero, et al 2008), que se ha iniciado la reproducción de especies autóctonas argentinas representativas o características de las principales provincias fitogeográficas.

Este proyecto ha sido concebido como un programa de largo plazo tendiente a aportar a la comunidad de Estación Chapadmal y Batán un fuerte activo ambiental en etapa de post explotación de este yacimiento, al transformarlo en potencial *arboretum* para el estudio botánico y forestal y la recreación extensiva. (Foto 4 y 5)



Foto 4



Foto 5: Esquejes y estacas de álamos en el vivero forestal de Canteras yaraví S.A.

Forestación enmarcada en programas oficiales.

En todos los restantes yacimientos de Canteras yaraví S.A. se ha desarrollado un plan tendiente a un objetivo múltiple que se presenta en el marco de la Ley Nacional N° 25.080, de promoción de la forestación en todo el ámbito nacional y cuyo Organismo de aplicación es la Dirección de Forestación dependiente del Ministerio de la Producción.

También se realiza su presentación en el Plan de Incentivos para la Actividad Forestal de la Provincia de Buenos Aires, Ley N° 12.662, cuyo Organismo de aplicación es el Ministerio de Asuntos Agrarios.

El proyecto forestal implica un la incorporara una masa forestal en forma de *macizos* o *cortinas* potencialmente productivas sobre la base de especie elegidas, tanto por su adaptación ecológica como por su rápido crecimiento, como el *Eucalyptus globulus* en zonas de bajo impacto y transformación de sustratos y el denominado Pino Tosquero (*Pinus halepensis*) en ambientes de escombreras.

Son especies de hojas perennes, es decir que mantiene su follaje todo el año, lo cual brinda una buena protección en todas las estaciones.

La distribución de la forestación con el sistema silvícola de *cortinas* es elegida por su principal característica protectora de vientos y excelente cualidades para la disminución de los efectos visuales negativos, dejando en segundo plano el objetivo productivo de generación de madera (Foto 6 y 7).



Foto 6: Zona de intervención forestal prevista



Foto 7: Simulación de la minimización de impactos paisajísticos por forestación en el plan de incentivos para la actividad forestal

DISCUSIÓN

En Canteras Yaraví S.A se ha pensado el tema forestal desde la internalización de proceso como un elemento de su política ambiental orientado en primer termino a la recuperación natural inducida con especies esencialmente autóctonas y la rehabilitación funcional de los espacios mineros tanto como espacios temáticamente recuperados para usos recreativos no intensivos y educativos o potencialmente productivos forestales. Es común que los productores mineros aceptan resignadamente en general las indicaciones de forestar por parte de la autoridad minera provincial, pero esta tarea les resulta, en general, ajena e improductiva. Muy probablemente este hecho sea la resultante de que las Empresas mineras en general no cuenten con cantidad y calidad de personal capacitado y formado para el mantenimiento de estas pantallas forestales.

A los fines de dar respuestas a las demandas tercerizan la tarea y se desentienden del resultado con una acumulación de fracasos y frustraciones y pérdidas de dinero.

Sin embargo ese no es el único camino posible. Los mejores resultados parecen alinearse con una comprometida internalización del proceso de forestación mediante la capacitación,

la cooperación interinstitucional y la formalización de los procesos en programas auditables.
(Foto 8 y 9)



Foto 8: Vivero Yaraví



Foto 9: Alumnos participantes de la primera forestación en Yacimiento La Florida

CONCLUSIONES

La experiencia aquilatada permite concluir en la eficacia de seguir las siguientes etapas:

Forestar canteras en desarrollo (antes de la etapa de clausura), Capacitar personal propio.
Asistir a la investigación básica (tecnosoles) y aplicada a la forestación temática con especies autóctonas y de resguardo ambiental.

La importancia del tipo, cantidad y calidad de la forestación puede resultar altamente significativa en la eficiencia ambiental de la explotación minera.

Las posibilidades de reparación ambiental y la disminución de la contaminación tanto del polvo como de las emisiones energéticas relacionadas con las voladuras y procesamiento del material encuentran en las barreras forestales un medio eficaz y accesible económica y técnicamente, a la vez que disminuyen la posibilidad posibles ingresos de personas ajenas a las zonas de explotación y de mayor peligrosidad.

La internalización de criterios ambientales en la explotación minera pueden encontrar en una política forestal variada y consistente una herramienta útil eficaz y de bajo costo relativo.

La ejecución de esta política en interacción con escuelas agrotécnicas, y grupos de investigación universitaria potencia además la política de minería amigable y de inserción social.

BIBLIOGRAFÍA

Iribarren P. (2008). Forestación, Creación y Desarrollo del Vivero Forestal Yaraví (Escuela De Educación Agropecuaria N°1 Laguna De Los Padres). Primer Taller Multidisciplinar La Relación Universidad, Municipio Y Empresa: Bases Para El Desarrollo Sustentable de la Minería De Áridos En El Partido De General Pueyrredon. Centro De Estudios Mar Del Plata-UTN-Canteras Yaraví S.A. 3 de diciembre de 2008, Mar del Plata. Inédito 15 pp.

Osterrieth, M.L., del Río, J.L., Álvarez, M.F., Fernández Honaine, M, Borrelli, N (2005) Evolución de regosoles antrópicos en canteras ortocuarcíticas del área periurbana de Mar del Plata. En Actas XVI Congreso Geológico Argentino (La Plata, Argentina): 136-137.

Ruggiero, M, Leggiero, J., Bó, M. J., López de Armentia, A., y del Río, J. L. (2008). Forestación temática biogeografía como proyecto alternativo para la rehabilitación ambiental en una cantera de áridos. 2008. Primer Congreso Argentino de Áridos y VI Jornadas Iberoamericanas de Materiales para la Construcción, Tomo I, pp. 101-105 ISBN 978-987-24740-1-0.

RECUPERACIÓN Y PUESTA EN VALOR SOCIAL Y AMBIENTAL DE FANGOS ARCILLOSOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARENAS DE TRITURACIÓN APLICABLES A LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES EN EL SUDESTE BONAERENSE

Javier Leggiero ⁽¹⁾, Mónica Ruggiero ⁽²⁾, Jorge Iacono ⁽³⁾, y Julio Luis del Río ⁽⁴⁾.

(1) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: leggiero@canterasyaravi.com.ar

(2) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: mtrgeoambiental@canterasyaravi.com.ar

(3) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: jiacono@canterasyaravi.com.ar

(4) Canteras Yaraví S. A., Av. F - sin número, 7605. Estación Chapadmalal, Buenos Aires, Argentina, E-mail: julioluisdelrio@gmail.com

RESUMEN

El uso de arenas naturales en la producción de hormigones encuentra en el mediano plazo una tendencia sustitutiva por arenas de trituración en particular en el litoral Atlántico Bonaerense. Sin embargo para obtener arenas de trituración de la calidad necesaria es esencial someter a los finos a un riguroso proceso de lavado que elimine las fracciones limo arcillosas que los acompañan. La eficiencia de este proceso a la vez que produce arenas de cuarzo de buena calidad genera un fango enriquecido en arcillas.

En función de estas cualidades se ha generado un grupo interinstitucional sinérgico que promueve la recuperación ambiental y los trabajos solidarios y asociativos de la comunidad para la fabricación de cerámicas artesanales que se inscribe en las políticas ambientales y de responsabilidad social empresarial.

Palabras clave: hormigón, arenas de trituración, fangos arcillosos, cerámicas artesanales, puesta en valor social y ambiental.

ABSTRACT

In the medium term, natural sands for concrete manufacturing tend to be substituted by crushing sands; particularly in the Atlantic Littoral of the Province of Buenos Aires. However, in order to obtain suitable crushing sands, the fine-aggregates must undergo a rigorous washing process to eliminate lime and clay fractions within. The efficiency of this process produces high quality quartz sands and –at the same time, clay-rich sludge.

These properties have given rise to a multi-institutional synergic group promoting environmental recovery and solidary and inter-organizational works within the community for handcrafted ceramic fabrication. This work is especially in line with environmental and corporate social responsibility policies.

Key Words: concrete, crushing sands, clay-rich sludge, handcrafted ceramics, social-environmental awareness.

INTRODUCCIÓN

El uso de arenas naturales en la producción de hormigones encuentra en el mediano plazo una tendencia sustitutiva por arenas de trituración en particular en el litoral Atlántico Bonaerense. La oferta natural a partir de arenas de playa ha sido ya prohibida en la mayor parte de los partidos costeros debido a los adversos efectos erosivos detectados (Marcomini y López, 2006) y quedan como fuentes de provisión segura los denominados médanos colindantes.

Sin embargo estos mismos medanos son objeto de estudios urbanísticos en muchos lugares por sus aptitudes para alojar emprendimientos turísticos de alto valor e impacto. Por ende es factible considerar que, con los debidos recaudos tecnológicos y de calidad mineralógica y textural, las fracciones finas del hormigón incorporaran y reemplazarán paulatinamente estas fracciones por sustitutos originados en los áridos de machaqueo.

Experiencias de este tipo ya se encuentran en realización en el sudeste bonaerense con resultados muy satisfactorios en la producción de arenas de cuarzo (Álvarez, 2008). Sin embargo para obtener arenas de trituración de la calidad necesaria es esencial someter a los finos a un riguroso proceso de lavado que elimine las fracciones limo arcillosas que los acompañan.

La eficiencia de este proceso a la vez que produce arenas de cuarzo de buena calidad genera un fango enriquecido en arcillas.

Estas arcillas han sido objeto de estudios mineralógicos que han determinado que en gran medida pertenecen al grupo de las caolinitas y ensayos tecnológicos permiten considerar su potencial uso para la producción de cerámicas de alta temperatura (del Río, et al, 2008).

En función de estas cualidades se ha generado un grupo interinstitucional sinérgico que promueve la recuperación ambiental y los trabajos solidarios y asociativos de la comunidad para la fabricación de cerámicas artesanales que se inscribe en las políticas ambientales y de responsabilidad social empresarial de Canteras Yaraví S.A.

MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de la empresa Canteras Yaraví S.A. está orientada a cubrir una demanda de productos indispensable para sostener los proyectos de desarrollo tanto locales como regionales, que son enumerados a continuación:

Malla	Venta	Clasificación
0 – 6 mm	Arena lavada	Arena
0 – 6 mm	Arena	Arena
6 – 12 mm	Granza 6-12	Guija
12 – 20 mm	Granza 10-20	Guijarro fino
20 – 30 mm	Binder 1-3	Guijarro grueso
30 – 60 mm	Balasto	Guijón
Bloques	Bloques escollero	Bloques
Estabilizadores suelos		

En el Yacimiento Yaraví Minera sito en sector sur del partido de General Pueyrredón (Fig. 1) se explota la Formación Balcarce (Dalla Salda e Iñiguez, 1979) de edad Paleozoico inferior. Las rocas involucradas se componen esencialmente de ortocuarcitas, conglomerados oligomícticos finos y pelitas caoliníticas intercaladas. En la matriz de las cuarcitas también se encuentran clastos de caolinita de origen posiblemente autógeno.

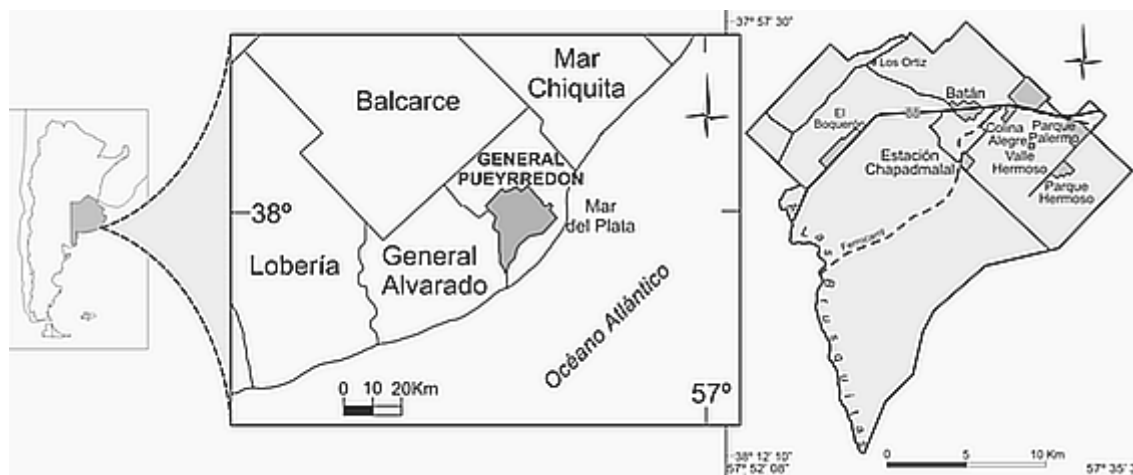


Fig. 1 Ubicación

El procedimiento de explotación se inicia con la extracción de las rocas mediante la voladura del frente de explotación, luego de la cual con camiones se realiza el traslado del material a la Planta de Trituración, donde se procede a la trituración del material hasta alcanzar las diversas fracciones comerciales.

La producción en el Yacimiento Yaraví Minera genera cerca de 30% de finos esencialmente areno-arcillosos, por tal motivo se ha instalado una planta de lavado para aprovechar las excelentes cualidades físicas y composicionales de la fracción arena para la producción de hormigón. (Foto 1)



Foto 1. Planta de Lavado

El fango resultante del proceso de lavado queda enriquecido en arcillas que alcanzan hasta un 40%. Los estudios mineralógicos y ensayos de rayos X y tecnológicos realizados por la Empresa determinaron la presencia de arcillas esencialmente caoliníticas con adecuadas características para ser utilizados en la producción cerámica artesanal y/o industrial. (Foto 2).



Foto 2. Arcillas caoliníticas

RESULTADOS

Se entiende que la minería moderna se debe desarrollar sobre nuevas dimensiones tales como el eje ambiental y el de la responsabilidad con la comunidad local, que se adicionan y articulan con los ejes productivos y económicos tradicionales.

Una responsabilidad primaria respecto a los habitantes proximales a cada localización de las canteras; nuestros vecinos que muchas veces son miembros del plantel de trabajadores. Esta misma pertenencia geográfica, ambiental y laboral enhebra los anhelos y reveses de unos y otros conformando en definitiva un destino que se construye en conjunto con un compromiso intergeneracional (Leggiero et al 2009).

Consecuentemente con estos conceptos Canteras Yaraví S.A., conjuntamente con la Universidad Nacional de Mar del Plata, la Universidad Tecnológica Nacional y la Cooperativa de Servicios de Batán han impulsado un proyecto de Desarrollo Local que se centra en la transformación de los fangos del lavado de arcillas en una cerámica artesanal que será producida por los vecinos de las poblaciones de Chapadmalal y Batán.

A los fines de llevar adelante el proyecto se conformó un Grupo Promotor integrado por esas instituciones. La finalidad del mismo ha sido en una primera etapa crear las condiciones básicas para la formulación, desarrollo y control del proyecto. Seguidamente se han realizado gestiones para su reconocimiento institucional y acciones tendientes a lograr aportes del sector privado, de los organismos educativos en general y de fondos cooperativos.

Canteras Yaraví S. A. brinda en esta etapa inicial el material, los estudios y ensayos básicos y tecnológicos del mismo, y también ha gestionado y reservado la marca *Cerámica Chapadmalal* para los productos que se originen en este proceso formativo-productivo.

Así mismo ha construido y dispuesto aulas, talleres y hornos para que los alumnos en esta etapa inicial reciban la capacitación técnica necesaria e inicien las tareas de producción y así como también está co-financiando los costos de dicha capacitación. (Fotos 3 y 4).



Fotos 3. Horno y Aulas



Foto 4. Aula Taller

Producto de tal curso se han graduados en un primer nivel 15 artesanos que manejan las técnicas básicas para la producción de cerámicas partiendo de estos fangos. (Foto 5)



Foto 5

Dentro del programa educativo se les ha dado capacitación acerca de las diversas formas de asociativismo, a los fines de poder emprender el desarrollo de una actividad económica, los alumnos del primer curso de cerámica han dado los pasos iniciales para la fundación de la *Cooperativa de Ceramistas de Chapadmalal y Batán Limitada*.

Todas estas acciones tienden a dar formato y sustancia al Proyecto de Desarrollo Local *Cerámica Chapadmalal*. (Foto 6)



Foto 6

CONCLUSIONES

Canteras Yaraví S.A. sigue aplicando imaginación, técnica, compromiso ambiental y social a su plan de innovación y desarrollo, en este caso para el tratamiento integral de las arenas de trituración para hormigones de calidad.

En términos ambientales el Proyecto *Cerámica Chapadmalal* valoriza un sub - producto fruto del proceso productivo de lavado y separación de los fangos arcillosos.

En lo social el resultado ha sido la capacitación de un grupo de personas, mayoritariamente mujeres adultas, de la zona de Batán y Chapadmalal, estimulando sus habilidades productivas y creativas con la intención de brindarles herramientas y técnicas adecuadas para la elaboración de productos en pasta cerámica que sirva a su propia promoción y desarrollo personal.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, G. (2008). Arena de trituración cuarcítica lavada, influencia de su calidad en la elaboración de hormigón. Primer Congreso Argentino de Áridos y

VI Jornadas Iberoamericanas de Materiales para la Construcción, Tomo I, pp. 223-230 ISBN 978-987-24740--0.

Dalla Salda, L., Iñiguez, M. (1979). "La Tinta", Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. VII Congreso Geológico Argentino, Actas I: 539-550.

Del Río, J. L. , Samperio, E. , Ruggiero, M., E., Fernández, M. , Macias, P., Osterrieth, M., Monclá, S. , Cordeu, A., Cacopardo, F, Grethe, R. y Iacono, J. (2008). Cerámica Chapadmalal un proyecto de transformación de un pasivo ambiental en un activo social. Primer Congreso Argentino de Áridos y VI Jornadas Iberoamericanas de Materiales para la Construcción, Tomo I, pp. 223-230 ISBN 978-987-24740-1-0.

Leggiero, J. (2008). Canteras Yaraví -Reseña Histórica - Actividad Minera Número 85/Año XVII pp. 19.

Leggiero, J. ,Ruggiero, M. y del Río J. L. (2009). La Minería de Áridos como Aporte al Desarrollo Sustentable y Local: El Caso de Canteras Yaraví S.A. En Chapadmalal-Batán, Partido De General Pueyrredón - Buenos Aires. Argentina. Actas Segundo Congreso Nacional de Áridos, Valencia, España.

Marcomini, S. y López, R. (2006). Geomorfología Costera y Explotación de Arena de Playa en la Provincia de Buenos Aires y Sus Consecuencias Ambientales. Revista Brasileira de Geomorfología. Año 7, Número 2.

Perdiguero, Tomás G. (2003) La responsabilidad social de las empresas en un mundo. Editorial Anagrama, S.A., Barcelona, 2003.

Samperio, E., Ruggiero, M., Monclá S., Bravo M., Carimatti M., Notari M., Diez S. (2010). Relación Universidad- Empresa en la promoción de una iniciativa local: Proyecto Cerámica Chapadmalal. Consideraciones sobre los significados de la participación. Perspectiva desde el Trabajo Social. Actas II Congreso Internacional de Desarrollo Local. Universidad Nacional de la Matanza. Buenos Aires. Argentina.

INNOVACIONES TÉCNICAS EN LAS PLANTAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS

L.Fueyo⁽¹⁾, J.A. Butragueño⁽²⁾, D. Gomez Limón⁽³⁾, A.Rodriguez-Avello⁽³⁾

⁽¹⁾ Fueyo Consultores. Calle Torrelaguna 127, posterior. Madrid 28043. España. E-mail: luisfueyo@fueyoconsultores.com

⁽²⁾ FLSmidth Minerals. Carretera de la Coruña, km 17,8. 28232 Las Rozas. Madrid. España.

⁽³⁾ Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Minas. Ríos Rosas 23. 28003 Madrid. España. E-mail: dulce.gomezlimon@upm.es; angel.rodriguezavello@upm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las técnicas habituales utilizadas en las plantas de tratamiento de RCD, y las últimas tendencias para conseguir productos de mayor calidad, así como el mercado de estos productos. Tras el análisis del rendimiento de estas operaciones, se presentan los trabajos de investigación que se están realizando en los laboratorios de la ETSI Minas de Madrid, tendentes a mejorar la calidad de algunos productos y así poder abastecer nuevos mercados de obra civil y construcción. En particular se introduce la aplicación de los sistemas de separación gravimétrica con aparatos de impulsión hidráulica (jigs), similares a los utilizados en la concentración de minerales y rocas industriales.

ABSTRACT

The subject of this paper is to overview the current unit operations used in the RCD processing plants, and last tendencies in order to get better quality products, thus opening new markets for such materials. A consideration on the efficiency of the operations is shown, and the consequent research work developed at the Laboratories of the ETSI Minas in Madrid, looking for the best practice to obtain high quality products for new civil and construction markets. As an innovation, it is introduced the application of hydraulic separation systems (jigs), similar to those used in mineral and rock processing.

Palabras clave: RCD, Separador hidráulico, jig.

INTRODUCCIÓN

El residuo de construcción y demolición, conocido habitualmente como RCD, es un residuo inerte formado por todos aquellos materiales procedentes de la deconstrucción o demolición de edificios, naves, estructuras civiles, etc. También se incluyen aquí las tierras de vaciados, desmontes y obras públicas, no consideradas como propiamente RCD hasta hace poco tiempo.

La naturaleza de estos residuos depende del tipo de obra o infraestructura en la que se generan, del tipo y calidad de los materiales que lo componen, y en parte también del tipo de demolición aplicado.

Como es lógico, el residuo de construcción y demolición se encuentra totalmente legislado, tanto a nivel europeo, como nacional y, en el caso de España, también a nivel autonómico. A nivel europeo, la política comunitaria para los RCD, se basa en tres puntos, como con el resto de los residuos:

El primero de ellos especifica que la entidad que genera este residuo debe cargar con su parte específica de responsabilidad en lo referente a prevención, valoración y eliminación del residuo; es decir, debe prevalecer el principio de "quien contamina paga". El segundo dice que las implicaciones de la gestión del residuo de un producto deberán tenerse en cuenta en la fase de concepción del mismo. Por último, deben incrementarse los niveles de reutilización, reciclaje y valorización de los residuos.

RCD: TIPOLOGÍA DEL RESIDUO

La naturaleza de los RCD puede clasificarse en: Tipo pétreo, entre los que se encuentran los de origen cerámico (ladrillos); pétreo propiamente dicho (piedras), hormigón y asfalto; y otras de naturaleza no pétreo, como los plásticos, papel y cartón, madera, voluminosos (colchones, mesas, lavadoras, etc.), etc. Tanto si el residuo que llega a la planta es de naturaleza única, como si se trata de una mezcla de varios o de todos, se consideran RCD.

En un tratamiento posterior, los materiales se clasifican en homogéneos (no mezclados o limpios) y en heterogéneos (mezclados o sucios), característica fundamental para tratarlos de forma diferente y así optimizar los procesos de valorización.

Como se ha podido ver hasta ahora, todos los materiales considerados RCD son inertes, lo cual no quiere decir que a la planta no puedan llegar otro tipo de materiales mezclados, que en algunos casos pueden resultar altamente peligrosos, como son las baterías, fibrocementos, pinturas, disolventes, etc., Estos productos deben ser retirados previamente y almacenados en un lugar cerrado, hasta su recogida por el correspondiente gestor autorizado.

Por tanto, la mayor parte de los RCD pueden considerarse inertes o asimilables a inertes, cuyo poder contaminante es relativamente bajo.

Los denominados residuos inertes pueden tener distintas procedencias:

- los originados en carreteras e infraestructuras
- excavaciones de suelos o ejecución de obras de reforma en calles del casco urbano
- los rechazos o piezas defectuosas de la fabricación de elementos de construcción
- mezcla de los escombros de construcción o demolición de edificios
- materiales procedentes de las reformas domiciliarias.



Figura 1- RCD caracterizado como heterogéneo.

GESTIÓN DE LOS RCD EN ESPAÑA Y EUROPA

El mercado de los RCD en España es muy diferente al de nuestros vecinos europeos. En España, después de 17 años en los que se considera comenzó a desarrollarse este sector, se producen anualmente alrededor de 44 millones de toneladas de RCD, lo que supone una tasa de 1 tonelada por habitante al año.

De estos 44 millones, el 40% se ha sido tratado de alguna forma y sólo el 15% se ha reciclado produciendo un tipo de árido para construcción. Se puede afirmar que en España, en los últimos años, se han producido algo más de 5 millones de toneladas de árido reciclado procedentes de unas 180 plantas de valorización de RCD repartidas por todo el territorio nacional.

Estos datos no son superiores por varios motivos, entre ellos por la gran cantidad de vertidos ilegales existente, por el número de empresas recicladoras que no cuentan con el marchamo de gestor autorizado (y lo único que hacen es acopiar), y por la falta de normativa que obligue al uso del árido reciclado, en distintas proporciones, en todas y cada una de las obras que se ejecutan.

En cualquier caso, estos datos son francamente inferiores a los datos del resto de países europeos y a su media. Países como Austria, Suiza o Alemania se encuentran en tasas de reciclado del 50%, datos muy próximos a la media europea. En el extremo superior se encuentra Holanda, con un 98%, debido a la falta de áridos naturales, como consecuencia de ser un país en gran parte ganado al mar. España, como puede apreciarse por los datos aportados anteriormente, se encuentran en la parte inferior de la escala. Las producciones mencionadas corresponden a las medias anuales con sólo pequeños incrementos en los últimos cinco años.

Sin embargo, la gran crisis global que está padeciendo la economía mundial desde mediados del año 2008, y que ha afectado especialmente a la construcción, ha hecho que estos valores caigan varios puntos, sobre todo en España, en donde esta industria ha sido de gran importancia dentro del producto interior bruto.

PRODUCTOS OBTENIDOS EN UNA PLANTA DE RECICLAJE

Las características de los productos obtenidos en una planta de tratamiento de RCD dependen de los siguientes factores:

- Tipología del residuo alimentado a la planta
- Características físicas del material
- Régimen de marcha de la planta

Los dos primeros factores vienen impuestos por el entorno socio-económico en el que se encuentran enclavada la planta, mientras que el tercero depende del saber hacer de los operadores. Las granulometrías de los productos dependerán principalmente de la operación de la planta, y pueden adaptarse fácilmente a las demandas del mercado. De hecho, la planta de tratamiento puede trabajar de varias formas:

- En campañas, cuando se tratan materiales de carácter homogéneo

- En continuo, tratando la carga según llega
- Elaborando mezclas específicas

Las características físicas del material es un aspecto bastante importante. Un material mixto procedente de reformas domiciliarias suele llevar gran cantidad de ladrillos y mampostería fácilmente triturable, produciéndose en el pre-cribado y tras la trituración una gran proporción de material 0-40 mm. Por su parte, el hormigón, y en particular el hormigón armado, aporta una cantidad de producto >40 mm superior a la que proporcionan otros materiales. Si no existe circuito cerrado se produce un rechazo importante de tamaños mayores de 80 mm.

El precio de venta del árido reciclado está limitado por el valor de mercado del árido natural. Generalmente, el árido reciclado debe tener un precio de venta menor que el del árido natural para paliar, en parte, las reticencias existentes en su utilización.

DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE VALORIZACIÓN O RECICLAJE

En una planta de valorización o reciclaje entran los RCD, y tras una serie de procesos de tratamiento, se transforman en áridos reciclados.

Entre las instalaciones que componen la planta, es fundamental la caseta de admisión con una o dos básculas, para el control de admisión y salida de materiales, así como para su reconocimiento y previa clasificación.

Igualmente importante es la playa de descarga y acopio de material, que debe poder tener diferenciado el residuo homogéneo del heterogéneo. En esta área se sitúan también los contenedores de residuos no inertes y los peligrosos, para su recogida por los diferentes gestores autorizados.



Figura 2- Planta de valorización de RCD.

En la planta propiamente dicha, se deben poder tratar tanto residuos denominados “limpios” como los “sucios”, dispuestos en líneas conjuntas o paralelas. Normalmente incluyen una o varias etapas de trituración, clasificación por tamaños en cribas, triaje manual sobre banda y separación magnética, hidráulica o neumática de los componentes metálicos, plásticos y

papel. En el extremo final se acopian las granulometrías del árido reciclado, ya preparadas para su comercialización.

En el exterior y de forma conveniente se sitúan el edificio de oficinas y los talleres de reparación y almacenaje de maquinaria.

LOS SEPARADORES HIDRÁULICOS

Con el fin de conseguir áridos reciclados de mejor calidad, últimamente se están introduciendo en las plantas de reciclaje una etapa de separación hidráulica para retirar los contaminantes más ligeros del material pétreo.

Los separadores hidráulicos son equipos constituidos por una gran cuba de agua en la que se introducen los RCD de una granulometría determinada. Durante el trayecto de caída hasta el fondo de dicha cuba, los materiales ligeros (densidad inferior a 1 g/cm^3) flotan sobre la superficie y son evacuados por un sistema de cepillos; mientras que la fracción pétrea cae al fondo y se acumula en el fondo, siendo extraída por medio de una cinta transportadora o un tornillo sinfín.

Actualmente en España sólo el 15% de las plantas existentes cuenta con estos equipos para la separación hidráulica.

TIPOS DE SEPARADORES HIDRÁULICOS

Para el estudio de los diferentes separadores hidráulicos se ha considerado, tanto en las líneas de homogéneos como en las de heterogéneos, un valor medio de absorción de agua, tanto para la fracción pétrea como para la no pétrea. De esa manera, el consumo de agua en las diferentes plantas será medido bajo el mismo patrón.

Los separadores hidráulicos de banda transportadora son los más frecuentes en las plantas de valorización de RCD en España. Los modelos se presentan con cubas que contiene entre 4.500 y 7.000 litros de agua en función del fabricante y del modelo. La fracción que queda en el fondo es evacuada por una banda transportadora de longitud que variable entre los 4 y los 4,5 metros, un ancho entre 1.000 y 1.200 mm, y una inclinación de 30° . Estos equipos se presentan en unidades muy compactas, con dimensiones entre 5,2 y 6,3 m de longitud.



Figura 3- Separador hidráulico de transportador de banda.

Los separadores hidráulicos de tornillo de tornillo sinfín se introdujeron en estos procesos más tarde que los de banda transportadora. Solamente llevan unos 5 años en el sector de los RCD. Sin embargo, su diseño es una adaptación de los famosos tornillos clasificadores Atkins utilizados para el lavado de ciertas granulometrías de áridos en canteras y graveras. La diferencia entre éstos y los mineros es que aquí la cuba no tiene aporte continuo de agua, mientras que en los utilizados en las labores mineras el aporte de agua es permanente y sale por rebose en el frente de la cuba. En estos separadores hidráulicos el aporte de agua se hace de forma puntual al terminar o comenzar la jornada de trabajo para compensar la pérdida por la absorción de agua por los distintos materiales.

Al igual que ocurría con los separadores de banda transportadora, estos equipos están fabricados en tamaños compactos, que en ningún caso sobrepasan los 6,5 metros de longitud, 2,5 metros de ancho y una altura de 2,4 metros. Su diseño es algo diferente a los anteriores, pues aunque tienen también una cuba de agua (en este caso en forma de U), su longitud es algo mayor, para poder incorporar el tornillo sinfín, cuyo cometido es la evacuación de la fracción pétreo.

El material de alimentación se carga en la cuba de forma continua, y la separación se produce por la decantación del material pesado, que es evacuado por la acción del tornillo. Los materiales no pétreos que flotan se extraen por medio de un rodillo o cinta con cepillos, dispuesto transversalmente a la extensión longitudinal del equipo. El sinfín no es más que una hélice de paso simple o doble, con una inclinación variable entre 22 y 28 grados, la cual mediante el giro va elevando el material desde el fondo de la cuba hasta la parte superior donde sale de la máquina y vierte la carga en su respectiva pila o acopio.



Figura 4- Separador hidráulico de tornillo sinfín.

La capacidad de tratamiento de estos equipos depende, al igual que en el tipo anterior, del tamaño de la cuba. Sin embargo, teniendo en cuenta que estas dimensiones son similares en ambos separadores hidráulicos, es el diámetro del tornillo el factor más determinante sobre su capacidad, así como su velocidad de giro.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DOS TIPOS DE SEPARADORES HIDRÁULICOS

Tras un análisis operativo de diversas unidades instaladas en varias plantas de de RCD, se puede afirmar que ninguno de los dos equipos de separadores hidráulicos trabaja de forma eficiente. Sin embargo, existen una serie de condicionantes que permiten decantarse por

uno o por otro en función de su rendimiento. En la tabla 1 se muestran las capacidades operativas y rendimientos para ambos tipos trabajando en diversas instalaciones.

Plantas	1	2a	2b	3	4	5	6
Tipo de material	Heter.	Heter.	Homog.	Homog.	Heterog.	Heterog.	Heterog.
Material de admisión nominal (mm)	0-150	0-150	0-150	10-150	6-180	6-180	6-180
Material de admisión real (mm)	20-60	25-50	50-80	40-100	20-100	20-80	15-40
Producción nominal (t/h)	100	100	100	70-100	150	150	150
Producción real (t/h)	30-40	30-40	30-40	50	55-60	70-75	40
Consumo de agua (m3/semana)	5	5	5	10	20	30	7,5
Grado de limpieza (%)	75-80	70-75	70-75	95	85	90	90-95

Tabla 1- Tabla comparativa entre las diferentes propiedades de cada tipo de separador hidráulico.

En cualquier caso, ninguno de estos separadores satisface plenamente las necesidades que demanda este sector de los RCD.

CONSIDERACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO

- Los ejemplos analizados demuestran que los separadores hidráulicos de banda limpian menos los materiales pétreos que los de tornillo sinfín. Los primeros consiguen entre el 70 y el 80% de limpieza, mientras que los segundos se encuentran entre 85 y el 95%. Sin embargo, en los primeros el producto final lleva menos finos (lodos) que en los de tornillo, pues en estos últimos el tornillo sale desde la parte inferior de la cuba y mediante la hélice de doble paso evacua tanto la fracción pétreo como los finos en forma de lodos. En cualquier caso, es imprescindible conocer que a mayor producción del equipo, se produce mayor suciedad en el producto final.
- La velocidad de trabajo de los separadores de banda transportadora es de sólo 0,30 m/seg, mientras que en los separadores de tornillo se trabaja a 17 rev/min. En la acción del tornillo se produce cierta disgregación del material que se traduce en una mayor presencia de finos, lo que no ocurre en los separadores de banda transportadora.
- Los separadores de banda transportadora, por su diseño, se atascan constantemente por la presencia de finos (lodos) decantados en el fondo de la cuba. En periodos cortos de tiempo deben realizarse operaciones de mantenimiento, cambio de agua de la cuba y desatascos del equipo. Esto no ocurre en los de tornillo por su poder de evacuación de estos finos.
- Respecto al funcionamiento mecánico, los separadores de banda transportadora requieren de mayor atención, teniendo en cuenta la situación de sus rodillos y cojinetes en el interior de la cuba de agua. Por el contrario, los separadores de tornillo sólo tienen un rodamiento marino sumergido que permite trabajar 2.500 horas sin cambios. Respecto al sistema de evacuación, la cinta transportadora de los separadores de banda puede durar hasta 5.000 horas sin recambio, mientras que la hélice del tornillo sinfín debe ser recargada, cada 2.500 horas o una vez al año, como consecuencia del desgaste.
- El consumo energético de ambos separadores es relativamente bajo, aunque existe cierta diferencia entre ellos: 6 a 9 kW en los primeros y 9 a 11 kW en los de tornillo.
- Si el material de alimentación a los separadores hidráulicos contiene gran cantidad de yesos y materiales similares como es el pladur, se aconseja el separador de tornillo sinfín, ya que por su diseño característico los cepillos limpian mejor estos materiales que en los separadores de banda transportadora.

CAPACIDAD OPERATIVA

- Aunque los fabricantes de estos equipos quieren hacer ver una diferencia granulométrica de alimentación a la hora de elegir un modelo u otro (granulometrías menores para el de tornillo sinfín y mayores para el de banda transportadora), el hecho es que en la práctica ambos modelos trabajan muy por debajo del rango de la granulometría de alimentación nominal que indican en los catálogos (entre 15 y 100 mm), y sin diferencia entre ellos.
- Sin embargo, se constata que las producciones de los separadores tornillo son ligeramente superiores a las de los separadores de banda transportadora.
- La capacidad operativa de estos clasificadores hidráulicos dista mucho de la que los fabricantes presentan. En el caso de trabajar con materiales heterogéneos con una elevada presencia de madera y tamaños irregulares, la producción de los separadores hidráulicos se reduce considerablemente a la par que aumenta el consumo de agua. Por lo tanto, no se puede predecir en el tratamiento de RCD la capacidad operativa de un equipo hasta que no se vean los resultados con el material que recibe la planta. Al tener en cuenta los diferentes orígenes del residuo, la capacidad real de los equipos varía de forma importante y siempre está muy alejada de la capacidad nominal que informan los fabricantes.
- Normalmente, a mayor tamaño de admisión corresponde mayor capacidad de producción; de ahí se deducen las diferencias entre la capacidad operativa real y la nominal.

EL CONSUMO DE AGUA

Un factor negativo en contra de los separadores hidráulicos de tornillo sinfín es su elevado consumo de agua. Esto es debido a la naturaleza de la propia fracción pétreo y a los contaminantes de diversos tipos. Los materiales homogéneos o limpios, compuestos mayormente por una fracción pétreo, tienen distinta absorción de agua, dependiendo de su naturaleza, porosidad, de las caras de fractura y del tiempo bajo el agua. Si a estos factores se suman el gran poder de absorción que tienen la madera, los yesos, los plásticos y los cartones, es posible calcular el elevado consumo de agua en la operación de estos separadores hidráulicos.

Aunque los fabricantes especifiquen un consumo de agua del 25% de la capacidad de la cuba, la realidad se aleja bastante, pudiendo llegar con algunos materiales hasta del 600%. Mientras que el consumo de un separador hidráulico de banda transportadora es de 5 a 10 m³/semana, el de un separador de tornillo sinfín varía entre 7 y 30 m³/semana. Este valor fluctúa en función de la producción y la granulometría del material alimentado.

La justificación del elevado consumo en los separadores de tornillo se debe al movimiento de la hélice, que hace que el material sea volteado hasta 11 veces antes de su descarga, y por ese motivo el material absorbe un 25% más de agua que en los separadores de banda transportadora con material idéntico.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los dos modelos de separadores hidráulicos que se comercializan en el sector de los RCD, y tras la observación de su funcionamiento en diversas plantas de valorización españolas, es posible afirmar las siguientes conclusiones:

- La limpieza hidráulica de los RCD, independientemente de la granulometría de alimentación, nunca superará el 90%. Esto hace que en la planta de valorización sea necesaria una limpieza conjunta con separadores neumáticos.
- Dos aspectos negativos caracterizan los modelos que se comercializan actualmente: El elevado consumo de agua de los separadores de tornillo sinfín y los continuos atascos generados en los separadores hidráulicos de banda transportadora. Pese a ello, la tendencia actual es a favor del separador de tornillo por producción, granulometría de alimentación y limpieza.
- Las características nominales aportadas por los fabricantes son siempre valores muy por encima de la realidad, siendo aconsejable aplicar entre un 30 y un 50% de reducción en cuanto a la producción, granulometría de alimentación, consumo de agua o limpieza del producto final.
- La limpieza del producto final, aspecto fundamental a la hora de comercializar el árido reciclado, no es óptima en ninguno de los dos equipos, aunque resulta algo mejor en los separadores de tornillo sinfín, si bien en estos el producto final resultante aparece más contaminado por la presencia de lodos.
- Pese a que se trata de equipos de baja inversión (el más caro no supera los 60.000 euros), debe tenerse en cuenta el consumo de agua en los de tornillo y las importantes modificaciones necesarias en los de banda transportadora para evitar los continuos atascos, lo que se traduce en un coste operacional alto.
- Por último, se sugieren una serie de modificaciones de diseño y operativas, como son aumentar el tamaño de la cuba y evacuar el agua por rebose de forma continua, que permitirían mejorar considerablemente la producción y el rango de tamaños de admisión de estos equipos.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

A la vista de las conclusiones anteriores, se deduce que los separadores hidráulicos existentes hoy día en el mercado no son equipos que funcionen a pleno rendimiento en las plantas de tratamiento de los RCD, ni con la eficiencia demandada en el sector de los áridos reciclados.

Esto ha motivado una línea de investigación en el sentido de optimizar la separación hidráulica como medio más eficaz para la limpieza de estos productos reciclados, y de alguna forma, competir con los áridos naturales.

Para conseguir un separador hidráulico más ajustado a las necesidades actuales, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid investiga y realiza ensayos para desarrollar un equipo más adaptado a las demandas de este sector.

Para ello se han seleccionado muestras de materiales de diversas plantas de tratamiento de RCD, que una vez caracterizadas se han ensayado con diversos sistemas de concentración similares a los utilizados en el beneficio de los minerales y rocas industriales. De esta forma, las muestras recibidas se han sometido a un proceso de trituración, clasificación y cuarteo, para estudiar su comportamiento en un sistema de separación hidráulica con pulsaciones (jig).

Los resultados han resultado positivos en la mayoría de los casos, ya que además de generarse una separación de la fracción pétreo y los impropios (maderas, plásticos, papel, etc.), se ha observado una cierta separación entre las granulometrías de naturaleza cerámica y el hormigón, así como una máxima limpieza de los yesos, el verdadero veneno de los áridos reciclados.



Figura 5- Material grueso heterogéneo perteneciente a una de las plantas de valorización de RCD.

Posteriormente, la investigación ha proseguido en el sentido de mejorar la calidad de los productos pétreos conseguidos tras la limpieza hidráulica, que en el caso de tratar RCD de tipo heterogéneo está constituida por materiales cerámicos y de hormigón.

En este caso, el producto reciclado limpio, se ha sometido a una separación magnética de intensidad media, consiguiéndose resultados significativos: Los materiales cerámicos, que cuentan en su composición con minerales férricos, pueden ser separados con bastante facilidad de los fragmentos de hormigón.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Para los ensayos realizados en el Laboratorio de Mineralurgia de la ETSI Minas de Madrid, se seleccionaron muestras procedentes de tres plantas diferentes españolas: Una muestra heterogénea procedente de Cádiz, otras dos heterogénea y homogénea respectivamente de una planta de Madrid y dos muestras más, una homogénea y otra heterogénea, de una planta de Cataluña.

De las cinco muestras se cuartearon 1.000 gramos para realizar los análisis previstos. Mediante machaqueo, cada muestra se redujo a una granulometría menor de 10 mm, que posteriormente fue deslamada, dando una alimentación efectiva al jig de 0,5 a 10 mm.



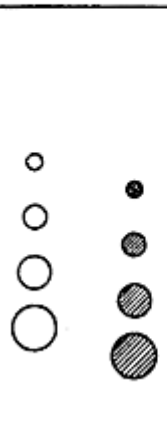
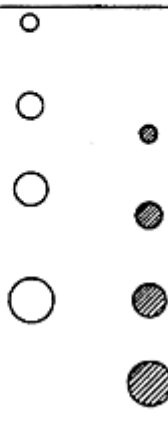
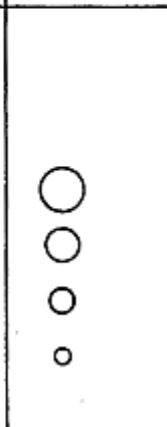
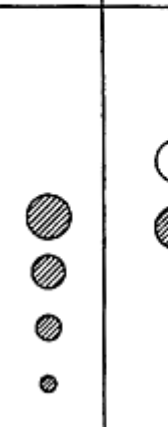
Figura 6- Jig del Laboratorio de Mineralurgia utilizado en las pruebas con los RCD.

El modelo utilizado para las pruebas fue del tipo Harz, con recipiente de criba hidráulica de 125 de largo x 100 de ancho x 130 milímetros de alto. El tiempo de residencia se estimó en 5 minutos.

Los resultados obtenidos de la separación por pulsaciones permitieron detectar una importante separación entre los materiales densos y los ligeros.

Los de mayor peso, es decir, la fracción pétreo, quedaron depositados en la parte inferior del recipiente, mientras que la fracción ligera (no pétreo) se desplazó hacia la zona superior.

Pulsación →  Succión →  Pulsación + Succión 

Pulsación		Succión	Pulsación + Succión
			
Sedimentación generada	Aceleración diferencial	Acumulación y filtración de las partículas finas	Combinación de las corrientes ascendentes y descendentes.

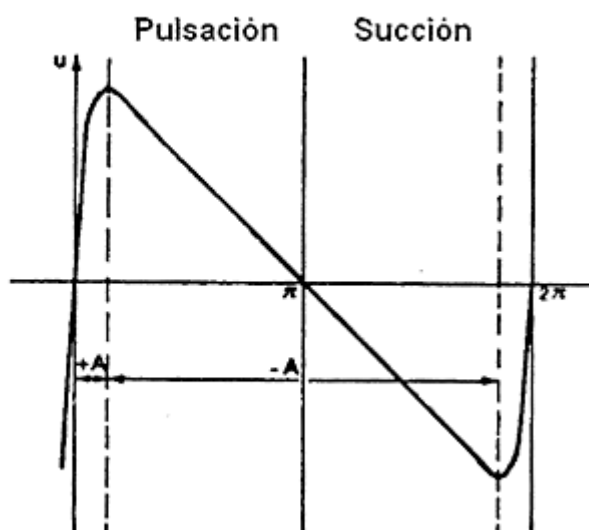


Figura 7- El jig trabaja según el principio de aceleración diferencial. Según este principio y durante ciclos muy breves, se somete a las partículas sólidas a unas corrientes ascendentes y descendentes motivadas por unas pulsaciones alternas dadas a un líquido, bien por un pistón o un diafragma o por el movimiento alternativo de una criba en el fluido.



Figura 8- Fotografía tomada en perspectiva. Véase los yesos y los impropios en la zona superior, el material cerámico en la zona intermedia y el hormigón en la inferior.

Posteriormente se procedió a retirar la fracción ligera a cada uno de los productos obtenidos.

Las fracciones pétreas procedente del jig, constituidas por material de hormigón y cerámicos, se sometieron de nuevo a otro tipo de concentración, en este caso un separador magnético de alta intensidad con imanes permanentes de Eriez Magnetics.

En todos los casos se pudo observar una clara diferenciación entre el material de hormigón y el cerámico, lo que supone otro medio para conseguir áridos reciclados con extraordinaria limpieza.

Los resultados obtenidos en el laboratorio aplicando ambas técnicas de separación, abren la puerta a otro tipo de ensayos a escala piloto y en continuo mediante la instalación de estos equipos en plantas de valorización de RCD existentes.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas de los ensayos de separación de los áridos reciclados mediante equipos de clasificación hidráulica con acción diferencial (jig) y mediante magnetismo son las siguientes:

Es posible una limpieza de la fracción pétreas retirando los componentes ligeros, produciendo un árido reciclado de mayor calidad.

El yeso, verdadero problema de los áridos reciclados, puede ser eliminado completamente del resto de fracciones pétreas.

Se produce una cierta separación entre las granulometrías cerámicas y de hormigón.

En la clasificación hidráulica por este sistema, la distribución granulométrica influye en la calidad de la separación.

La separación magnética permite separar igualmente los materiales pétreos de naturaleza cerámica de los de hormigón.

En este caso, también influye la granulometría del material a concentrar.

BIBLIOGRAFÍA

Lund, H. (1996). Manual McGraw-Hill de reciclaje. McGraw-Hill Iberoamericana de España, S.A. Madrid, España.

Rodríguez-Avello, A. (2003). Tecnologías del reciclaje de residuos de construcción y demolición. I Congreso nacional de demolición y reciclaje. Pamplona, España. 26 p.

Fueyo Editores (2003). Manual de demoliciones, reciclaje y manipulación de materiales. Madrid. España

Fargas, J. (2004). Comercialización del árido reciclado. II Congreso nacional de demolición y reciclaje. Zaragoza, España. 6p.

García, A. (2006). Planificación y gestión de residuos en obras de demolición. Ejemplos prácticos. III Congreso nacional de demolición y reciclaje. Zaragoza, España. 9 p.

Bustillo, M. (2010). Manual de RCD y áridos reciclados. Fueyo Editores, S.L. Madrid. España.

Fueyo, L. (2010). Estudio comparativo de los separadores hidráulicos en el sector de los residuos de construcción y demolición. E.T.S.I. Minas de Madrid. Madrid. España.

Fueyo, L. (2010). RCD y áridos reciclados. Cátedra ANEFA de Tecnología de Áridos. E.T.S.I. Minas de Madrid. Madrid. España.

APLICABILIDAD DE LAS ZEOLITAS COMO REGULADOR DE FRAGUADO

María Aranzazu Diez Esteban⁽¹⁾, Jorge Luis Costafreda Mustelier⁽²⁾, José Luis Parra y Alfaro⁽²⁾ y Domingo Alfonso Martín Sánchez⁽²⁾

(1)Atlas Copco S.A.E. Avenida José Garate, 3. Pol. Ind. De Coslada, 28823 Coslada, Madrid. (mariaaranzazu_diezesteban@hotmail.com); (2)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. C/ Ríos Rosas, 21. 28003. Madrid. (costafreda@yahoo.es), (jose Luis.parra@upm.es) y (domingoalfonso.martin@upm.es)

RESUMEN

El presente trabajo propone sustituir la proporción que corresponde al yeso en un cemento pórtland por zeolita natural, a fin de regular el fraguado de la pasta en condiciones más o menos similares a las ordinarias, y obtener igualmente resistencias mecánicas aceptables. Los criterios seguidos en esta investigación tienen su base en la propiedad de las zeolitas como intercambiadores iónicos, mediante la cual pueden saturarse de agua rápidamente, controlando la humedad de la pasta, y neutralizando así la reacción del C3A con el Ca(OH)_2 ; de este modo, "ralentizan" el fraguado durante un período de tiempo lo suficientemente adecuado como para facilitar la hidratación óptima de los silicatos, principalmente los bicálcicos, con la formación de variedades secundarias más estables, como la tobermorita. Las resistencias mecánicas obtenidas en esta investigación alcanzaron los 59,3 Mpa a los 28 días. Asimismo, los ensayos para la determinación de los tiempos de inicio y final de fraguado arrojaron resultados de 95 y 135 minutos, respectivamente, mientras que la expansión resultó igual a cero en todos los casos.

Palabras claves: zeolitas, yeso, fraguado, cemento, resistencia

ABSTRACT

This work proposes to substitute the proportion of gypsum on cement by natural zeolite, in order to regulate the forged of the mortar under conditions more or less similar to the ordinary ones, and to obtain high mechanical strength. The approaches used in this investigation have been focused on the zeolites property as ion-exchanger, by means of which it can be quickly saturated itself with water, controlling the humidity inside mortar, and neutralizing the reaction of both, the C_3A and Ca(OH)_2 ; this way, zeolites diminishes the forged speed during an appropriate time in which it allows the complete hydrate of the silicates, mainly the belite, with the formation of secondary more stable varieties, as tobermorite. The mechanical strength obtained in this investigation reached 59,3 Mpa at 28 days. Also, the tests for the determination of the times of starting-final forged have reported results of 95 and 135 minutes, while the volume stability was similar to zero in all the cases.

Key words: zeolites, gypsum, forged, cement, strength

INTRODUCCIÓN

En la práctica cotidiana de la fabricación del cemento pórtland se emplea el yeso como regulador de fraguado, no sólo por su composición química y propiedades, sino también por su abundancia y condiciones de yacencia que lo convierten en una materia prima de fácil extracción y con gran demanda. Existen otros compuestos que aportan al clínker las mismas cualidades, pero su extracción, beneficio y adaptabilidad convertirían el proceso en un ciclo muy complejo al tiempo que costoso; entre estos se citan algunas sales, como el cloruro, bromuro, yoduro y ciertos fosfatos que forman compuestos con el calcio. El yeso satura al C3A en el clínker e impide que se hidrate instantáneamente, formándose un producto de reacción primaria conocido como etringita o sal de candlot, que aporta cierta

resistencia incipiente a la pasta; sin embargo, esta nueva especie mineral es propensa a reaccionar con los sulfatos del medioambiente, produciendo expansión.

Las zeolitas constituyen el grupo mineral más variado y extenso de los que forman la corteza terrestre; se caracterizan por poseer una estructura abierta y por su capacidad para incorporar y ceder agua y cationes en su estructura, sin cambios importantes en la misma. Forman yacimientos poco o nada complejos, de fácil explotación, y su extracción no conlleva a impactos fuertes en el manto freático. Su capacidad de intercambio iónico, combinada con su alta reactividad puzolánica, ejerce una influencia favorable en sus mezclas con cemento pórtland, cuyas características y evoluciones han sido estudiadas a diferentes edades (Costafreda, J.L., 2008).

El presente trabajo tiene la finalidad de efectuar un estudio preliminar del comportamiento de la zeolita natural como regulador de fraguado en un clínker portland, manejando para ello diversas premisas y metodologías para asegurar el éxito de esta investigación.

Durante los procesos de calentamiento en los hornos, la desintegración del grupo sulfato, a partir del yeso, libera ciertas cantidades de azufre que reacciona rápidamente con el vapor de agua procedente de las reacciones exotérmicas; en estas condiciones se produce dióxido de azufre como producto inestable de reacción, convirtiéndose después en ácido sulfúrico, cuya combinación con el hidróxido de calcio forma el CaSO_4 , altamente perjudicial para cementos, morteros y hormigones por su tendencia a la expansividad.

Otras de las razones que justificarían la sustitución del yeso por zeolita es que durante la molienda del clínker se produce un gran aumento de la temperatura, que puede ser la causa de la remoción de moléculas de agua de la estructura del yeso. Sin embargo, en las zeolitas el agua de constitución no se pierde sino a grandes temperaturas (198°C - 450°C) (Costafreda, J.L., 2008; Costafreda, J.L., 2009).

En resumen, la esencia de este trabajo radica en utilizar las propiedades de las zeolitas para la regulación del fraguado. La acción del yeso en el clínker se basa en que debido a su gran solubilidad pasa a la disolución, sobresaturándola, y creando condiciones desfavorables para la hidratación de los aluminatos y favoreciendo, en cambio, la formación de etringita a un ritmo controlado. Este mismo principio se ha tenido en cuenta en esta investigación para usar zeolita natural, la cual, a pesar de no disolverse como el yeso, es capaz de reaccionar con el hidróxido de calcio, impidiendo la formación de portlandita, y de inhibir la hidratación del C3A, la formación de sales de candlot y de aluminatos tetracálcicos. En su lugar, permite que los silicatos con reacción lenta, como la belita, se hidraten completamente, y den lugar a una mezcla compuesta mayoritariamente por minerales silicatados estables.

Podría plantearse, entonces, que si el yeso regula la velocidad del fraguado mediante un proceso de disolución-saturación, la zeolita lo hace a través del intercambio iónico y de sus propiedades puzolánicas. Esa es la razón fundamental que justifica la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de las distintas fases del presente trabajo, se emplearon los siguientes materiales y metodologías:

Clínker:

La muestra de clínker estudiada procede de la Fábrica Integral de Cemento de San Vicente del Raspeig, Alicante. Previamente, el clínker (K) fue analizado por difracción de rayos X y

se obtuvo un difractograma típico con picos muy débiles de anhídrita (trazas) y yeso (indicios). La cantidad de yeso detectada fue inferior al 1%.

La composición del clínker se determinó de forma cuantitativa, según las normas UNE 80216:1991 EX y UNE 80216, de Junio del 2010. El sistema descrito en estas normas es un método de disolución activa que sirve de referencia cuando no se dispone de los componentes del cemento pórtland por separado, como es la situación de la presente investigación.

Para el cálculo de los componentes del clínker se determinó el contenido en trióxido de azufre (norma UNE-EN 196-2:2006), dióxido de carbono (Norma UNE-EN 196-2:2006) y residuo insoluble para dos tipos de muestra: la primera, con 0,500 g +/- 0,020 g de (K) por ataque con disolución de EDTA (Norma Experimental UNE 80216:1991 EX o Norma UNE 80216:2010); la segunda, con 1,00 g +/- 0,02 g de (K) por ataque con ácido clorhídrico diluido (Norma Experimental UNE 80216:1991 EX o Norma UNE 80216:2010).

Los datos mencionados en el párrafo anterior, así como el empleo de las fórmulas indicadas en las normas UNE 80216:1991 EX y UNE 80216:2010, permitieron el cálculo de los componentes del clínker (ver tablas II y III).

Zeolita Natural:

La muestra de zeolita empleada fue tomada en yacimientos de las formaciones volcánicas calcoalcalinas del sureste de España; sus principales características se expresan en la figura 1 y en la tabla IV, respectivamente.

La muestra fue previamente triturada y tamizada en el tamiz Nº 26/13 luz 0,063 mm, de diámetro 200 mm y material AISI 304, obteniéndose una población granulométrica por debajo de las 63 micras (Norma UNE EN 933-1:1998).

Arena normalizada:

La arena normalizada (AN) utilizada en el presente estudio procede de Instituto Eduardo Torroja (CEN-UNE-EN 196-1). Es un árido fino natural, silíceo, de granos redondeados, con un contenido en sílice cercano al 98% (ver figura 2 y tabla V).

Adición de la zeolita natural al clínker. Preparación, dosificación y ensayos:

Para dar cumplimiento al objetivo del presente trabajo, se elaboró un cemento tipo I con zeolita (K+Z) en sustitución del yeso como regulador de fraguado, sin componentes minoritarios; paralelamente, se elaboró otro cemento tipo I, que a los efectos de esta investigación fue denominado cemento de referencia o (K+Y), con un 95% de clínker y 5% de yeso en masa, con el propósito de referenciar adecuadamente los resultados obtenidos en los ensayos con zeolita (ver tabla I).

En la práctica se emplea un 4% de yeso para moler junto al clínker, pues el criterio impone que esta cantidad, en relación al peso total de la masa del clínker pórtland, garantiza las altas resistencias. Sin embargo, esta cantidad es muy difícil de determinar, pues es directamente proporcional a la abundancia de aluminatos tricálcicos presentes, haciéndose imperativo un cálculo cuidadoso y consecuente. Según la experiencia, se añade una porción discretamente superior al 4%, a fin de cubrir dos fases fundamentales: neutralizar todo el C3A y mantener en lo posible las resistencias deseadas. En el presente estudio se ha adoptado el 5% como valor representativo.

Tabla I: Relación de componentes de las mezclas anhidras de clínker con zeolita (K+Z) y clínker con yeso (K+Y).

Denominación de la mezcla	Componentes	Dosificación (%)	Masa (g)
Mezcla (K+Z) ¹	Clínker	95	19000
	Zeolita	5	1000
	Yeso	0	0
Mezcla (K+Y) ²	Clínker	95	4750
	Zeolita	0	0
	Yeso	5	250

1 Clínker + zeolita; 2 Clínker + yeso (cemento de referencia).

No se cuenta con referencias bibliográficas sobre investigaciones realizadas en este campo con anterioridad; por esta razón, previo a la elaboración de los 20 Kg de muestra (K+Y) se hizo una amasada de mortero con las cantidades de agua, árido fino y cemento pórtland que indica la norma UNE-EN 196-1:2005 (Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas), a fin de determinar la consistencia de la pasta.

Una vez establecida la proporción de las mezclas, se efectuaron tres amasadas por edad (2, 7 y 28 días) con (K+Z) y tan sólo una amasada con (K+Y) para las mismas edades, según las prescripciones del apartado seis (6) de la norma europea EN 196-1:2005.

En los párrafos siguientes se mencionan los ensayos realizados a las mezclas (K+Z) y (K+Y).

Ensayos químicos del clínker anhidro y combinado (mezclas (K+Z) y (K+Y)):

Determinación de la pérdida por calcinación (P.P.C.) (UNE-EN 196-2:2006).

Determinación del contenido en sulfato (UNE-EN 196-2:2006).

Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y en carbonato de sodio (UNE-EN 196-2:2006).

Determinación de cloruros (UNE-EN 196-2:2006).

Determinación de dióxido de carbono (UNE-EN 196-2:2006).

Determinación cuantitativa de los componentes (UNE 80216:1991 EX y UNE 80216:2010).

Ensayos físicos de las mezclas:

Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen (Norma UNE-EN 196-3:2005).

Ensayos físicos y mecánicos de los morteros elaborados con (K+Z) y (K+Y):

Determinación de resistencias mecánicas a 2, 7 y 28 días (norma UNE-EN 196-1:2005).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En las tablas II y III se ilustran los resultados de los componentes del clínker, de acuerdo con los criterios establecidos por las normas UNE 80216:1991 EX y UNE 80216:2010.

Según los resultados obtenidos, el clínker elegido es puro y prácticamente libre de adiciones, con proporciones insignificantes de yeso.

Tabla II: Componentes del clínker según la Norma Experimental UNE 80216:1991 EX (resultados expresados en % en masa).

C= Clínker; L= Escoria; P+S= Puzzolana, cenizas volantes y filler silíceo; R= Regulador de fraguado y D= Filler calizo.

Tabla III: Componentes del clínker según la norma UNE 80216:2010.

UNE 80216:2010		
	CON REGULADOR %	SIN REGULADOR %
C	95,8	97,7
S	0,0	0,0
P+V	2,3	2,3
R	1,9	0,0
L	0,0	0,0
TOTAL	100	100

C= Clínker; S= Escoria; P+V= Puzzolana, cenizas volantes y filler silíceo; R= Regulador de fraguado y L= Filler calizo.

El estudio de la zeolita natural empleada, tanto por difracción de rayos X (ver figura 1) como por fluorescencia de rayos X (ver tabla IV) estableció las siguientes propiedades:

Contenido en mordenita= 97%-100%

Si/Al= 5

K₂O/Na₂O= 0,48-1,66%

Fe total/MgO= 0,43-1,17%

SiO₂ total= 68,3%

Contenido en Al₂O₃= 11,95%

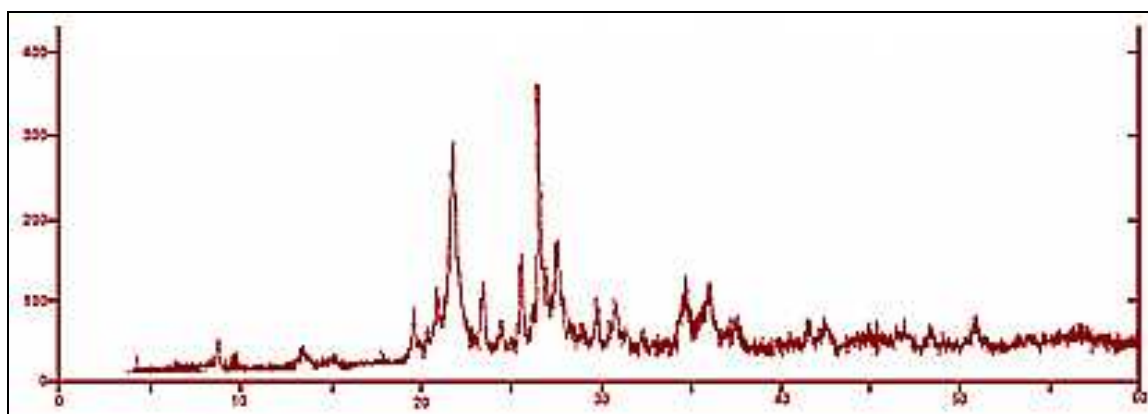


Figura Nº 1: difractograma correspondiente a la muestra de zeolita empleada en la presente investigación (Fuente: Costafreda, J.L., 2008).

Tabla IV: Composición química de la zeolita, obtenida por fluorescencia de rayos x (Fuente: Costafreda, J.L., 2008).

Compuestos en % de masa (zeolita natural)										PPC (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Fe ₂ O ₃	Cl	TiO ₂	SO ₃	
68,42	9,64	1,2	3,63	2,14	1,09	1,27	0,462	0,113	0,062	12,0

La zeolita es, predominantemente, silíceo y sódico-silíceo, siendo los iones Na⁺ y K⁺ los más abundantes, con predominio del primero. La relación silicio/aluminio señala su gran estabilidad química y estructural (Calvo, B. et al. 2005).

La zeolita estudiada no contiene sulfato en su composición (ver tabla IV), como el yeso, con lo cual su uso evitaría la incorporación de esta sal en el clinker y en la pasta, con las correspondientes patologías a mediano y largo plazo. En la extracción del yeso puede incorporarse cierta cantidad de anhidrita de facies originadas por transformaciones geológicas en los yacimientos evaporíticos, que posteriormente, al entrar en el proceso de fabricación del cemento, puede producir falso fraguado, su presencia puede producir falso fraguado e incorporación anómala de sulfato.

La típica propiedad de las zeolitas como intercambiadores iónicos permitiría la sustitución del sodio reticular por el calcio captado de la pasta, como lo hace el yeso, evitando la acción nociva de los álcalis, cuya presencia impide el desarrollo de las resistencias mecánicas, inhibe la hidratación de los silicatos y aumenta la velocidad de reacción de los aluminatos con formación de etringita.

La arena normalizada está compuesta por dos fases mineralógicas, cuarzo (95%) y feldespato (5%), que le confieren una alta pureza y una elevada estabilidad física y química (ver figura 2).

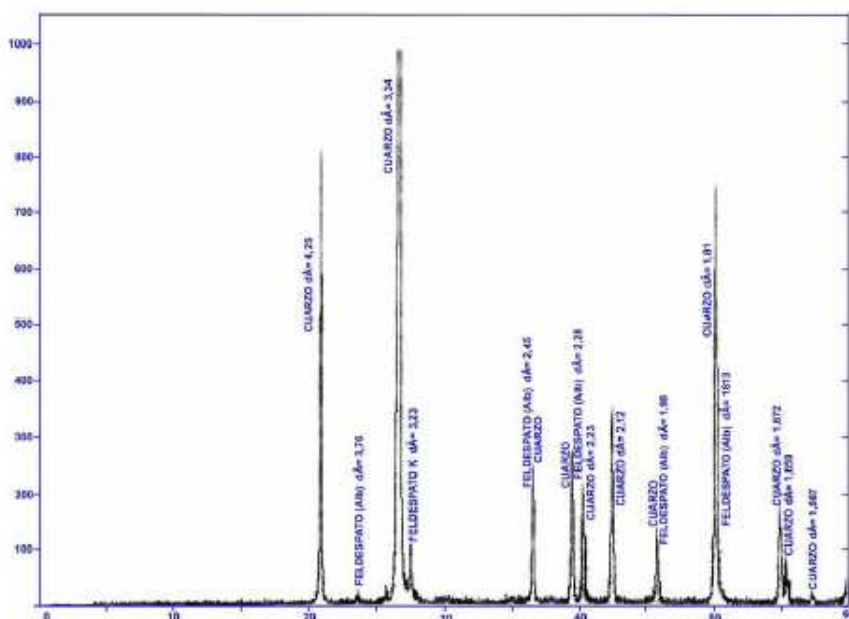


Figura Nº 2 Difractograma obtenido del análisis de las fases mineralógicas que componen la arena normalizada empleada en el presente trabajo (Fuente: Costafreda, J.L., 2008).

Tabla V: Composición química de la arena normalizada anhidra, determinada por fluorescencia de rayos x (*Fuente: Costafreda, J.L., 2008*).

Compuestos en % de masa (Árido natural anhidro)										PPC (%)	(%) Total
SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SO ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅		
94,25	0,93	0,88	2,24	0,059	0,058	0,06	0,86	0,141	0,038	0,48	100

Los resultados de la composición química (FRX) (ver tabla V) confirman la presencia de cuarzo + feldespato en la composición del árido fino y sus respectivos niveles de abundancia. Los insignificantes contenidos en compuestos alcalinos, alcalino-térreos, ferrosos y sulfatos en su composición, son indicadores indiscutibles de la pureza de esta arena.

Tabla VI: Resultados del análisis químico de las mezclas (K+Y) y (K+Z).

ANÁLISIS QUÍMICO	K+Y (en % en masa)	K + Z (en % en masa)
P.P.C. (975 °C)	1,19	0,75
R.I. (en HCl y Na ₂ CO ₃)	0,13	3,07
SULFATOS (SO ₃)	3,34	1,23
CLORUROS	0,02	0,04

Todos los ensayos químicos realizados con las mezclas (K+Y) y (K+Z) arrojaron resultados que cumplen con las exigencias de la norma UNE EN 197-1:2000, para un cemento *tipo I* (ver tabla VI y figura 3). Sin embargo, los altos contenidos en sulfatos en relación con la P.P.C. y calculados para la mezcla (K+Y), sugieren un estudio de control para determinar la cantidad de moléculas de agua alojadas en el yeso empleado.



Figura N° 3: Representación gráfica de los resultados del análisis químico de las mezclas (K+Z) y (K+Y).

De forma empírica, si se restan los porcentajes de sulfatos respecto a la pérdida por calcinación el valor obtenido será cercano a 2, que representa el número de moléculas de agua presente en la fórmula de un yeso normal (ver tabla VI). Teniendo en cuenta este planteamiento, se puede argumentar que el cemento elaborado con la mezcla (K+Y) es de buena calidad.

Las lecturas del tiempo inicial y final de fraguado fueron 95 y 135 minutos, respectivamente, mientras que el resultado de la expansión (estabilidad de volumen) fue igual a 0 mm; de este modo, queda determinado que la mezcla (K+Z) cumple con las exigencias recogidas en la norma europea (EN 196-3:2005).

Los resultados obtenidos con la primera amasada demostraron que la consistencia de la mezcla (K+Z) fue correcta, obteniéndose un mortero de trabajabilidad adecuada; este resultado satisfactorio sentó las bases para establecer el procedimiento de elaboración, estudio e interpretación de los morteros (K+Y) y (K+Z) en esta investigación.

En las tablas VII, VIII y IX se exponen los resultados de los ensayos mecánicos a flexión y a compresión a las edades de 2, 7 y 28 días.

Tabla VII: Resistencias a flexión y a compresión de las mezclas (K+Z) y (K+Y) a la edad de 2 días.

EDAD	MUESTRA	LECTURAS A FLEXIÓN (kp)			Mpa	LECTURAS A COMPRESIÓN (N)			Mpa
2 días	K+ Z (1.1)	247,1	213,1	237,4	5,5	44760	45080	45990	28,3
						46110	44960	44560	
2 días	K+ Z (2.1)	247,1	223,2	260,1	5,7	47100	46440	47100	28,9
						47420	45450	44180	
2 días	K+ Z (3.1)	238,6	202,4	259,1	5,5	45440	45210	46180	28,3
						45610	44180	44830	
2 días	K+ Y (1)	319,9	291,6	316,4	7,2	58730	58950	56820	36,4
						57180	58710	59440	

Tabla VIII: Resistencias a flexión y a compresión de las mezclas (K+Z) y (K+Y) a la edad de 7 días.

EDAD	MUESTRA	LECTURAS A FLEXIÓN (kp)			Mpa	LECTURAS A COMPRESIÓN (N)			Mpa
7 días	K+ Z (1.2)	366,9	359,3	358,2	8,5	80740	80030	79200	50,1
						80340	79900	81200	
7 días	K+ Z (2.2)	312,3	290,1	336,1	7,3	77900	77880	80320	48,6
						77190	75800	77550	
7 días	K+ Z (3.2)	360,1	358,3	348,2	8,3	80740	79380	76200	49,5
						79330	79170	80680	
7 días	K+ Y (2)	290,9	312,8	390,1	7,8	81060	80400	80260	49,5
						76970	79290	77540	

Tabla IX: Resistencias a flexión y a compresión de las mezclas (K+Z) y (K+Y) a la edad de 28 días.

EDAD	MUESTRA	LECTURAS A FLEXIÓN (kp)			Mpa	LECTURAS A COMPRESIÓN (N)			Mpa
28 días	K+ Z (1.3)	357,3	380,7	348,1	8,5	96550	93030	94860	59
						94110	94080	94140	
28 días	K+ Z (2.3)	338,7	370,1	390,6	8,6	96770	94440	96880	59,2
						93860	91800	94340	
28 días	K+ Z (3.3)	340,1	329	318,9	7,7	96660	94860	92550	59,1
						97650	92680	93430	
28 días	K+ Y (3)	358,1	382,1	415,1	9	96990	90660	93180	59,3
						99010	97420	91680	

A la edad de 2 días, los valores de resistencias mecánicas de los morteros fabricados con la mezcla (K+Z) son relativamente bajos, en relación con los del cemento de referencia (K+Y) (ver figura 4). La zeolita, como otras puzolanas, ha producido notables “retardos” en el fraguado de la pasta y ha postergado el incremento de las resistencias hasta períodos comprendidos entre los 7 y los 28 días (ver tablas VIII y IX), por lo que puede considerarse como un regulador de fraguado idóneo.

El cemento de referencia (K+Y) experimenta una rápida reacción hidráulica en el intervalo de tiempo de 0 a 2 días, lo que hace que el inicio de su curva se aleje considerablemente de las restantes. Esta divergencia puede considerarse como la diferencia entre los valores de las resistencias mecánicas alcanzados por un material en relación con otros dentro de una mezcla determinada e indica, además, la variabilidad del ritmo de la reacción hidráulica en el tiempo para alcanzar la resistencia dada.

Conviene destacar la visible convergencia de las curvas a la temprana edad de 7 días, o lo que es lo mismo, de los valores de resistencias mecánicas entre todas las curvas (ver figura 4). Esta aproximación puede ser explicada por la ausencia de yeso en los morteros fabricados con (K+Z), y por el desencadenamiento de una fase más reactiva provocada por la presencia de la zeolita, que acelera el ritmo de la reacción por la saturación creciente en $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

En la figura 4 es evidente que las curvas que representan a las muestras de mortero fabricados con (K+Z) alcanzan, incluso superan, los valores de la curva que identifica la resistencia mecánica del cemento de referencia (K+Y) a la edad de 28 días.

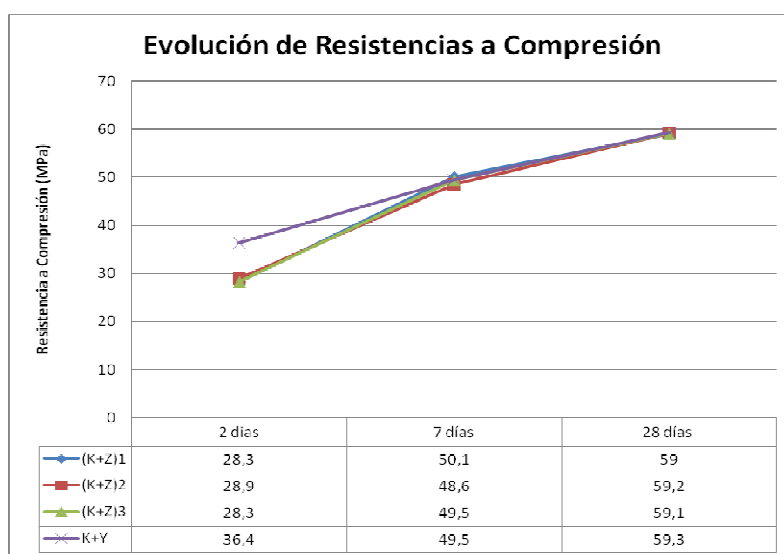


Figura N° 4: Evolución de los valores de resistencias mecánicas.

Otro hecho a considerar es que todas las curvas superan el valor mínimo de resistencia exigido por la norma europea EN 196-1 a 28 días, para cementos de clase resistente 52.5 N (VMR=52.5 MPa).

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares expuestos en este trabajo establecen que las zeolitas, gracias a sus propiedades excepcionales, pueden ser utilizadas, a priori, como un regulador de fraguado. Sin embargo, de cara a las investigaciones ulteriores, se debe profundizar en el estudio de la evolución mineralógica y de las paragénesis formadas como productos de la

reacción de la mezcla ($K+Z$) con el agua. En este mismo orden, se debe determinar el grado de reactividad y/o nivel de saturación de los aluminatos tricálcicos, la posible presencia de aluminatos tetracálcicos, sales de candlot y tobermorita. De este modo, los morteros elaborados con ($K+Z$) deben ser minuciosamente estudiados, a fin de establecer sus propiedades reológicas en el más amplio sentido.

La trabajabilidad de las distintas amasadas de morteros fabricados con ($K+Z$), conforme a las cantidades reflejadas en el apartado seis de la norma europea EN 196-1:2005, es adecuada.

Los morteros preparados con ($K+Z$) exhiben valores bajos de resistencias iniciales a la edad de 2 días; sin embargo, el cemento de referencia ($K+Y$), adquiere resistencias cuyos valores son alrededor de un 20% más altos que los de ($K+Z$) a esa misma edad, demostrándose que la presencia de zeolita natural produce un sensible “*retardo*” en la velocidad de la reacción hidráulica y postergan la ganancia de resistencias mecánicas. La situación cambia drásticamente a partir de los 7 y 28 días, donde las resistencias de ($K+Z$) no sólo igualan las de ($K+Y$), sino que las superan.

BIBLIOGRAFÍA

Calleja, J (2002). Normas españolas UNE 2002 para cementos. Instituto español del cemento y sus aplicaciones (IECA). 51 p.

Calvo, B., Costafreda, J.L. y Estévez, E. (2005). Caracterización preliminar de las zeolitas del yacimiento “Los Murcianos” Almería. V Congreso Ibérico de Geoquímica, Soria. 10 p

Costafreda, J. L. (2008). Geología, caracterización y aplicaciones de las rocas zeolíticas del complejo volcánico de Cabo de Gata (Almería). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 515 p

Costafreda, J. L. y Calvo, B. (2007). Influencia de la zeolita de Cabo de Gata, Almería, en la evolución de fraguado de morteros de cemento. XII Congreso Internacional de Energía y Recursos Minerales. 20 p.

Costafreda, J. L. y Calvo, B. (2008) Eficiencia de la Zeolita de cabo de Gata, Almería, en la elaboración de morteros con árido reciclado (RCD). I Congreso Argentino de Áridos VI Jornadas Iberoamericanas de materiales de construcción, Mar del Plata, Argentina. 12 p.

Costafreda, J. L. y Calvo, B. (2009) Análisis del comportamiento térmico de la paragénesis mordenita-esmectita de Cabo de Gata. VII Congreso Ibérico. X congreso Nacional de Geoquímica. Soria, España. 7 p.

Dr. Phil. Fritz Keil (1973). Cemento, fabricación – propiedades – aplicaciones. Editores técnicos sociados, s.a. pp 105 -110, 156 – 159.

H. F. W. Taylor. (1967). La química de los cementos. Ediciones Urmo, vol. I. pp 341 – 400 y 400 – 444.

Michel Venuat y Michel Papadakis (1996). Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones. Ediciones Urmo, pp 132 – 142.

Miguel Ángel Sanjuán Barbudo (2010). Determinación de los componentes del cemento. Revista Técnica CEMENTO HORMIGON, No 937. 34 p.

Norma Experimental UNE 80216:1991 EX - Métodos de ensayo de cementos. Determinación cuantitativa de los componentes.

UNE-EN 197-1:2000 - Cemento. Parte 1: composición, especificaciones y criterios de conformidad de los Cementos comunes.

UNE-EN 196-1:2005 - Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas.

UNE-EN 196-3:2005 - Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 196-2:2006 - Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.

UNE 80216:2010 – Métodos de ensayo de cementos. Determinación cuantitativa de los componentes.

INFLUENCIA DE LA ADICION DE ZEOLITA EN LAS PROPIEDADES MICRO Y MACROESTRUCTURALES EN PASTAS Y MORTEROS

Mercedes B. Rosell Lam⁽¹⁾; Jorge L. Costafreda Mustelier⁽²⁾; José Luis Parra y Alfaro⁽²⁾ y Benjamín Calvo Pérez⁽²⁾.

(1)Centro Técnico para el Desarrollo de Materiales de Construcción. Ciudad Habana, Cuba (mercedesr@ctdmc.co.cu); (2)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid, (costafreda@yahoo.es); (joseluis.parra@upm.es) y (benjamin.calvo.perez@gmail.com).

RESUMEN

Las adiciones activas en los hormigones son cada día más usuales, no solo debido a razones económicas, sino porque los efectos que se desarrollan son beneficiosos para las prestaciones del hormigón, léase durabilidad y resistencias mecánicas. En Cuba ha sido frenada al no existir fuentes como las tradicionalmente conocidas y comercializadas como es cenizas volantes y las micro sílices (silica fume o fly ash).

El desarrollo de estudios de algunos minerales industriales nacionales de génesis ígnea como los vidrios volcánicos, tobas vítreas o zeolitas han demostrado su actividad puzolánica. Es conocido que la zeolita tiene actividad puzolánica desde la época romana, y actualmente se utilizan en el mundo para la producción de cementos mezclados, sin embargo la experiencia cubana es el precedente de su uso como adición activa a hormigones.

Se han realizado investigaciones a diferentes escalas del uso de adiciones de zeolita en tecnologías de prefabricado, premezclado y pretensado que han demostrado las mejoras en las prestaciones.

El presente trabajo explica el aumento de las prestaciones antes demostradas mediante el estudio de los cambios microestructurales, tanto de composición química como en la morfología de los productos de hidratación formados, a partir de análisis por microscopia electrónica de barrido y microanálisis por espectroscopia de dispersión de energía de rayos X en pasta de cemento y cemento + zeolita comparativamente.

ABSTRACT

The use of mineral admixture in concretes have been increased all over the world, because To improve the properties of concrete (highly mechanical strength and resistant to environmental effects) economically.

In Cuba there is not sources of mineral admixture such fly as or silica fume, then the researcher has showed the pozzolanic activity of some minerals as the volcanic glasses, vitreous tuffs or zeolites.

From the roman time have been known the zeolites as puzzolanic materials, and up to date, it is used in several countries for the blended cements production, however the first experience as mineral admixture in concretes was in Cuban. It was studies in different concrete technologies with excellent result referred to performance.

This work explains the increase of performances with the zeolites use as mineral admixture by the study of the of chemical composition, the morphology changes of the hydration products formed by Scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometer microanalysis in cement and cement + zeolite paste and mortar.

INTRODUCCIÓN

Las adiciones activas en los hormigones son cada día más usuales, no solo debido a razones económicas, sino por que los efectos que se desarrollan son beneficiosos para las prestaciones del hormigón, léase durabilidad y resistencias mecánicas.

En Cuba, al no existir fuentes como las tradicionalmente conocidas y comercializadas y que se encuentran referidas en las normas internacionales como es cenizas volantes y las micro sílices (silica fume o fly ash), la generalización del uso estas adiciones se ha visto limitada a las producciones de cementos mezclados, utilizando para ello tobas zeolitizadas de las cercanías de las plantas de producción de cemento, como por ejemplo el uso de las tobas Las Carolinas de Cienfuegos en la fabrica Carlos Marx de esta localidad. Bajo este enfoque, producción de cementos mezclados llegó en año 1989 a más del 40% de la producción total del cemento del país. (Urrutia 1991, Gener 1984).

Igualmente se ha demostrado mediante diversas investigaciones las prestaciones y su resistencia al intemperismo mediante ensayos a largo plazo utilizando para ello técnicas electroquímicas, químicas y físico mecánicas, como es el caso de la resistencia a los cloruros, la carbonatación en el tiempo, la resistividad en los aceros de refuerzo, la permeabilidad y la resistencia mecánica en hormigones con este tipo de cemento. (Martínez Ramires 2006, Martín Acosta 2005).

No obstante el desarrollo de estudios de algunos minerales industriales de génesis ígnea como los vidrios volcánicos, tobas vítreas o zeolitas han demostrado su actividad puzolánica (Rabilero 2005, Gayoso 2004, Rabilero 1988).

Aunque se conoce que la zeolita tiene actividad puzolánica desde la época romana, y actualmente Grecia y Japón publican su uso en cementos e incluso China reporta el uso de más de 30 millones de toneladas año para la producción de cementos, las referencias de uso de la zeolita como adición activa a hormigones aparece como primicia la experiencia cubana. Se han realizado investigaciones a diferentes escalas del uso de adiciones de zeolita en tecnologías de prefabricado, premezclado y pretensado que han demostrado las mejoras en las prestaciones. (Poon, Gayoso 2006, Rosell 2004).

Han sido ampliamente estudiados y divulgados resultados obtenidos en la durabilidad de los morteros y hormigones con adiciones activas como las cenizas volantes y las micro sílices, así como aquellas obtenidas por procesos térmicos como la ceniza de cascara de arroz, el metacaolin o cenizas de desechos agrícolas)ACI 2000, Zhang 1996, Pepper)

Las adiciones minerales activas en una pasta de cemento, produce modificaciones en la composición de las fases fundamentales que se forman, por su interacción con los productos de hidratación del cemento. Se ha demostrado, mediante estudios de microscopia electrónica (SEM) con la técnica de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX) asociada, las diferencias en la composición química de los productos de hidratación formados en pastas con adiciones activas y solo cemento, evidenciando también que la composición de estos productos de hidratación, depende también de la composición de la puzolana utilizada.

Diversos autores formulan que estas diferencias hacen aportes a la durabilidad y de manera resumida tiene los siguientes efectos:

- Los silicatos producto de la reacción puzolánica (la tobermorita) aporta resistencia mecánica adicional, lo cual constituye un incremento referido a los cementos u hormigones sin dosificar (Taylor 1990, Ramachandran 2001).

- la tobermorita se deposita en los poros y microporos del hormigón lo que refina y disminuye la conectividad entre ellos, provocando una mayor impermeabilidad y resistencia al ataque del intemperismo, de los sulfatos y del agua de mar (iones cloruros) (Mehta 2001).

- de igual modo ocurre una disminución del calor de hidratación disminuyendo con ello los riesgos de cracking térmico. (Pepper).

- los productos de hidratación que se forman son menos cristalinos y su morfología es menos acicular y mas densa lo que su compacidad y disminuye su reactividad ante agentes externos (Larbi 1998).

- disminuye y controla la presencia y morfología de la portlandita, mejorando la adherencia árido pasta y disminuyendo la reactividad en la interface (Liborio 2002).

Los estudios de durabilidad de los hormigones con adiciones de zeolita han evaluado y demostrado los incrementos de resistencia, disminución de la permeabilidad, la absorción por capilaridad y el pH en el tiempo en comparación con hormigones sin adiciones (Gener 2001).

El presente trabajo tiene como objetivo explicar el aumento de las prestaciones antes demostradas mediante el estudio de los cambios microestructurales, tanto en composición química como en morfología de los productos de hidratación formados, estudiando para ello pasta de cemento y cemento + zeolita comparativamente.

De igual modo se evalúan las resistencias mecánicas, la absorción capilar a las edades de 3, 7 y 28 días en morteros donde además se estudia comparativamente la morfología y composición micro estructural en la interface árido pasta de manera que se expliquen el incremento de las prestaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para evidenciar que los efectos de la adición de zeolita en hormigones son consecuencia de los productos formados en la reacción puzolánica y su morfología se diseña un experimento en el que se preparan pasta y mortero, uno de cemento solamente y otra con sustitución del 30 % de zeolita.

Se utilizó un Microscopio electrónico de Barrido (SEM), marca Philips, modelo XL 30 asociado a un equipo para microanálisis por espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (EDX) que trabaja a 20 Kv, con alto vacío a base de electrones secundarios.

Preparación de las pastas y morteros.

Las pastas se prepararon teniendo con relación agua cemento para alcanzar una fluidez de 110 mm en mesa de sacudidas. En el caso de pasta cemento + zeolita se sustituyó el 30% en volumen del cemento por zeolita teniendo en cuenta las diferencias de densidades.

Para los morteros se utilizó arena normalizada EN 196-1 y el mismo criterio de relación agua cemento que en las pastas. El mortero de cemento + zeolita tiene un 30% de sustitución de cemento por zeolita en volumen, considerando las diferencias de densidades.

Caracterización de los materiales.

El cemento utilizado para la experimentación es identificado como cemento Mariel. Su caracterización aparece en las tablas y gráficos siguientes.

Tabla I. Composición química del Cemento Mariel.

Oxido	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	PPI	RI	Cal Libre
% masa	19.65	4.66	60.68	2.52	3.54	3.03	2.96	0.81	1.7

Tabla II. Composición mineralógica del Cemento Mariel

Fase	UM	Cemento
Silicato tricalcico (C3S)	%	54.14
Silicato dicálcico (C2S)	%	15.49
Aluminato tricalcico (C3A)	%	8.08
Ferrito aluminato tricalcico (C4AF)	%	7.66

Tabla III. Resultados de los Ensayos Físicos del Cemento Mariel.

Ensayos	U/M	Cemento
Blaine	cm ² /g	3712.37
Peso Específico	g/cm ³	3.12
Consistencia normal	%	24.2
Fraguado inicial	min	112
Fraguado final	h:min	3:05

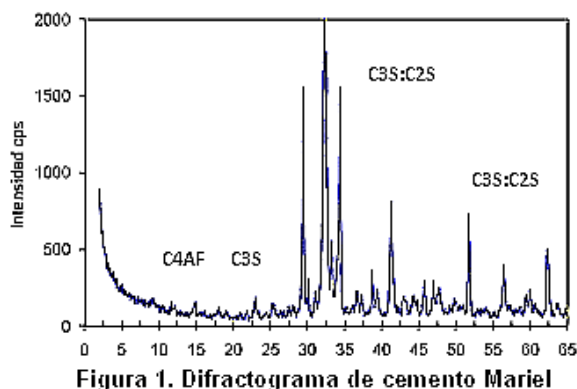


Tabla IV. Resultados de las ensayos mecánicos del Cemento Mariel.

Edades (días)	Resistencias en MPa	
	Flexión	Compresión
3	4.4	15.1
7	5.3	22.6
28	6.6	38.8

La zeolita utilizada para el estudio es del yacimiento Tasajeras. Fue previamente molida y homogenizada. Los resultados de su caracterización aparecen en las tablas y gráficos subsiguientes.

Tabla V. Composición química de la zeolita Tasajeras.

Oxido	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	PPI
% masa	64,39	11,76	3,64	1,96	1,47	1,29	0,61	0,31	14,57
Error Std	0.53	0.36	0.1	0.15	0.12	0.13	0.086	0.028	

Tabla VI. Propiedades físicas de la zeolita Tasajeras.

BLAINE	BET	Microporosidad	Ø medio
cm ² /g	m ² /g	cm ³ /g	µm
9683	44	0.066	48

Tabla VII. Resultados del cumplimiento de requisitos químicos de idoneidad de la zeolita Tasajeras como aditivo mineral activo según norma ASTM C 618.

Características	Zeolita Tasajera	Clasificación Mineral		
		N	F	C
Suma de óxidos, SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ % min	78.11	70	70	50
SO ₃ % max	0.005	4	5	5
Pérdida por ignición % max	14.57	10	6	6
Álcalis. Equivalente Na ₂ O % max	1.47	1.5	1.5	1.5

Tabla VIII. Resultados del cumplimiento de requisitos físicos de idoneidad de la zeolita Tasajeras como aditivo mineral activo según norma ASTM C 618.

Requerimientos físicos (ASTM C 618 -92a)		Zeolita Tasajera
Finura %. Retenido tamiz 45 μm (% max)	34	43.26
Índice de Actividad. Cemento Pórtland min		
Edad 7 días. % mín del mortero s/ adición	75	76.36
Edad 28 días % mín del mortero s/adición	75	94.54

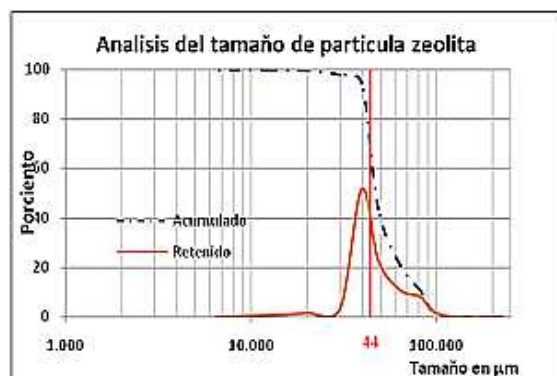


Figura 2. Distribución granulométrica de la zeolita Tasajeras

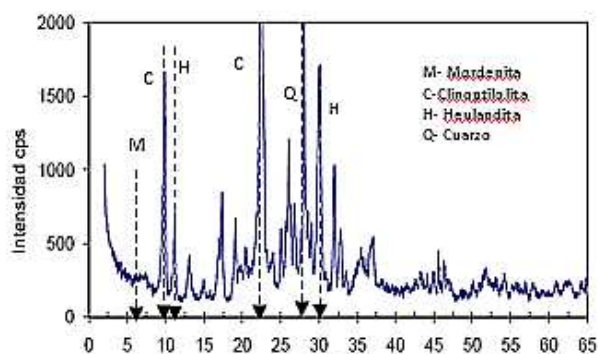


Figura 3. Difractograma de zeolita Tasajeras

RESULTADOS

Resultados del análisis micro estructural de las pastas a diferentes edades.

A la edad de 3 días (figura 4)

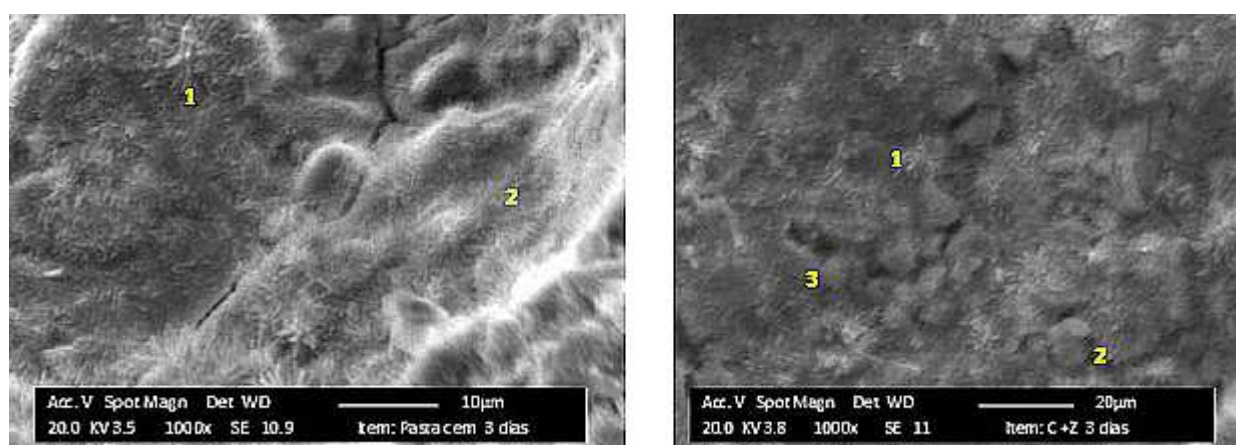


Figura 4. Micrografías de pastas a 3 días. (Derecha cemento, izquierda cemento + zeolita)

Se observa en la pasta de cemento formaciones incipientes de productos de hidratación silicatos cálcicos hidratados, en forma acicular (fibrillas finas) recubriendo los granos de

manera homogénea. En el caso de la pasta de cemento con zeolita las formaciones fibrosas no son continuas formando pequeños ramilletes.

De acuerdo a las relaciones másicas obtenidas de los microanálisis de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX) de los puntos señalados en las micrografías, los silicatos cálcicos formados no presentan variabilidad significativas en su composición.

A la edad de 7 días (figura 5)

Se ha tomado para analizar zonas donde aparece un poro por agua o aire. En ambos casos la formación de gel de tobermorita es mayor y mas densa que en las micrografías que a la edad de tres días.

En la pasta de cemento el gel de CHS se ha formado en capas y con formas mas angulosas. Lo contrario se aprecia en la pasta de cemento + zeolita, donde los productos de hidratación (CHS) son continuos, masivos y de forma redondeada. Por los EDX y relaciones másicas, se identifica un cristal de portlandita (punto 1) dentro del poro de la pasta de cemento, la cual tiene forma de cristales hexagonales muy angulosos en dirección perpendicular a la formación del gel.

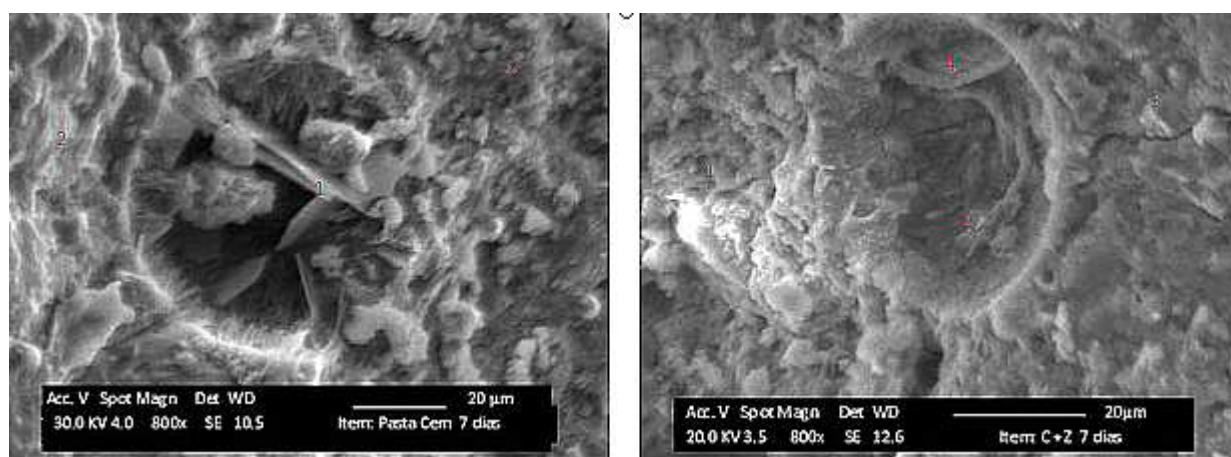


Figura 5. Micrografías de pastas a 7 días. (derecha cemento, izquierda cemento + zeolita)

De igual modo se identifica en el fondo del poro de la pasta de cemento + zeolita que hay formación de gel de aluminosilicatos hidratados de calcio (por relación Al/Ca), comenzando a rellenar el mismo (punto 2). Se reconoce cristal de portlandita (punto 4) formado dentro del poro en la misma dirección del gel, presumiblemente ya en disolución al estar rodeado por productos de hidratación.

A la edad de 28 días (figura 6 y 7)

La pasta de cemento a 28 días presenta una morfología granulosa pero con formaciones aciculares; en algunas zonas se observa un aspecto escamoso cubierto por pequeñas fibras. La formación acicular más gruesa en forma de flor, (punto 3) se identifica como ettringita, por el contenido la relación S/Ca. En el detalle se observa que se ha formado en una coquedad de productos de hidratación, por lo cual se infiere que es de segunda generación.

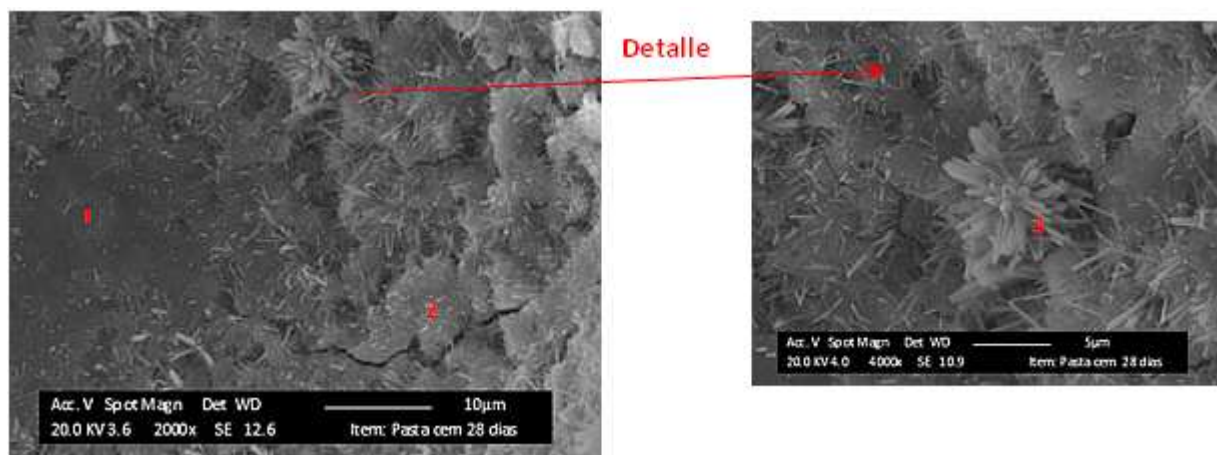


Figura 6. Micrografías de pastas de cemento a 28 días

Los silicatos hidratados no son del todo homogéneo lo cual se corresponde con las diferencias morfológicas expresadas corroborando que existen diferencias estequiométricas de estos productos en las relaciones Si/Ca.

En la pasta de cemento + zeolita se observa crecimiento de nuevas fibras de productos de hidratación por debajo del gel, siendo la morfología bastante homogénea semejante a formaciones coloidales, de aspecto escamoso.

Esta homogeneidad se corrobora en las relaciones másicas (ver Tabla IX), de los puntos analizados (puntos 1, 2 y 3), en los que el CHS tiene semejantes relaciones Ca/Si, siendo en todos los casos del tipo amorfo ($\text{Ca/Si} \geq 1,5$) y diferente estequiométricamente al formado en la pasta de cemento solo.

En el caso del punto 4, crecimiento por debajo del gel, el detalle demuestra un crecimiento muy denso de pequeñas agujas con inserciones de esférulas que está relleno los micro poros formados, lo que proporciona una mayor compacidad al gel; por los contenidos de Al y Ca del EDX se identifica como aluminato cálcico hidratado.

Por similitud morfológica, la mayoría de los productos de reacción que se observan en esta micrografía y otros microanálisis no reportados en este trabajo, se consideran aluminato cálcico hidratado.

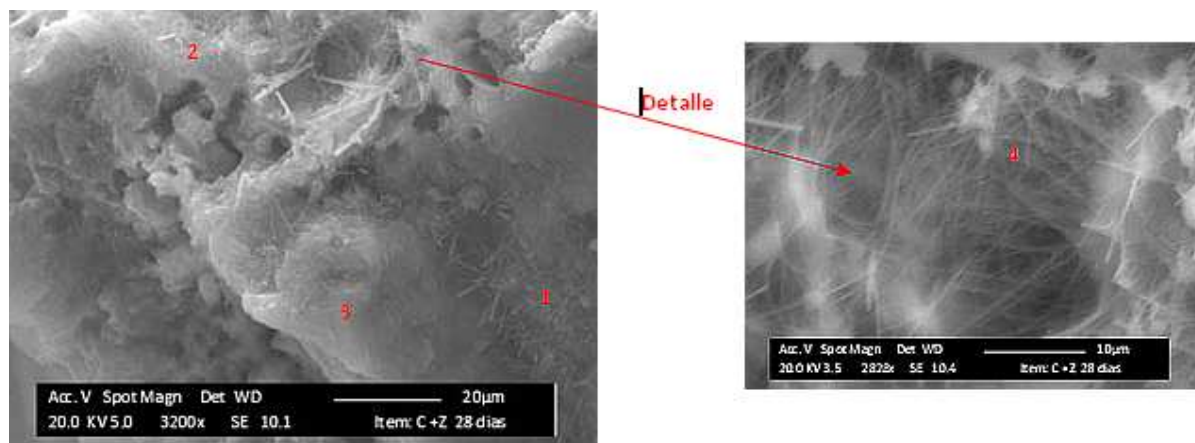


Figura 7. Micrografías de pastas de cemento + zeolita a 28 días

Tabla IX. Relaciones según las masas molares de los productos de reacción de las pastas, obtenidas por Microanálisis de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX).

Pasta Cemento					
Edad	Nº	Si/Ca	Al/Ca	Ca/Si	Si/Ca
3 días	1	0.002	0.083	0.786	1.272
	2	0.013	0.141	0.563	1.775
7 días	1	0.000	0.016	28.94	0.035
	2	0.011	0.087	1.559	0.642
	3	0.012	0.169	0.363	2.753
28 días	1	0.002	0.039	1.674	0.597
	2	0.008	0.064	0.546	1.831
	3	0.326	0.190	3.298	0.303

Pasta Cemento + zeolita					
Edad	Nº	Si/Ca	Al/Ca	Ca/Si	Si/Ca
3 días	1	0.019	0.075	0.849	1.178
	2	0.003	0.073	0.841	1.189
	3	0.001	0.062	0.808	1.238
7 días	1	0.034	0.081	0.585	1.711
	2	0.084	0.271	0.613	1.632
	3	0.016	0.087	0.967	1.034
	4	0.000	0.012	30.88	0.032
28 días	1	0.04	0.59	1.69	1.696
	2	0.09	0.51	1.95	1.601
	3	0.05	0.61	1.62	1.660
	4	0.017	0.418	0.946	1.057

Micro estructura en morteros.

Interface árido-pasta 28 días (figuras 8 y 9)

En el mortero con cemento se observa poca adherencia árido-pasta en comparación con la muestra de mortero con zeolita donde hay una total adherencia y continuidad entre la pasta y el árido.

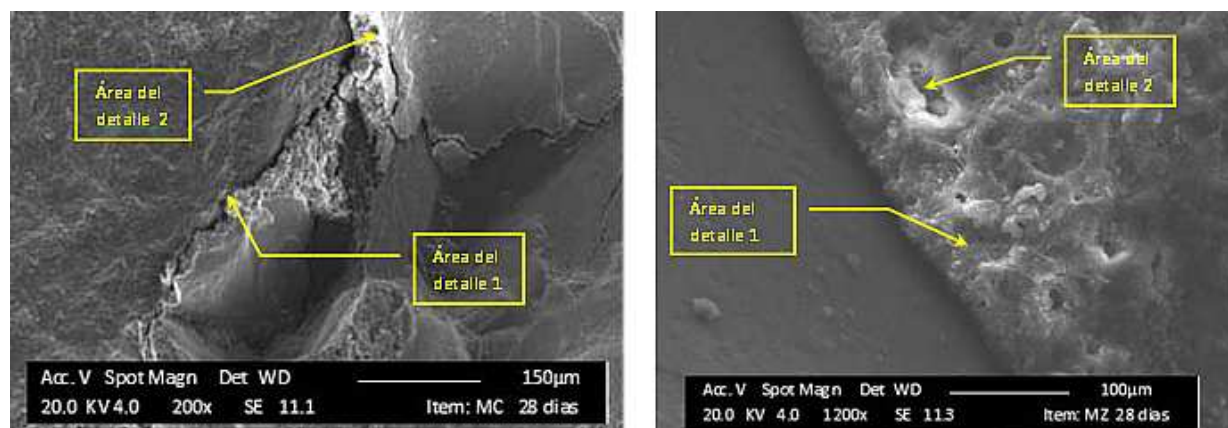


Figura 8. Micrografías de morteros a 28 días. (derecha cemento, izquierda cemento + zeolita)

En el detalle 1 se aprecia que los productos de hidratación en la interface árido pasta tienen diferencias morfológicas, siendo más densa y homogénea en el mortero con zeolita.

Los microanálisis realizados en los productos de hidratación (ver Tabla X) en la zona de interface árido-pasta del mortero de cemento se observa que se han formado silicatos cálcicos en su mayoría semicristalinos con relaciones $Ca/Si < 1.5$ (puntos 1, 2,3) y solo en el punto 4 se observa un producto amorfo.

En el punto 5 hay una formación acicular gruesa que se corresponde con ettringita según el contenido de azufre que reporta el EDX. En el caso del punto 6 se aprecia la formación cristalina muy angulosa de una portlandita, confirmada por el microanálisis.

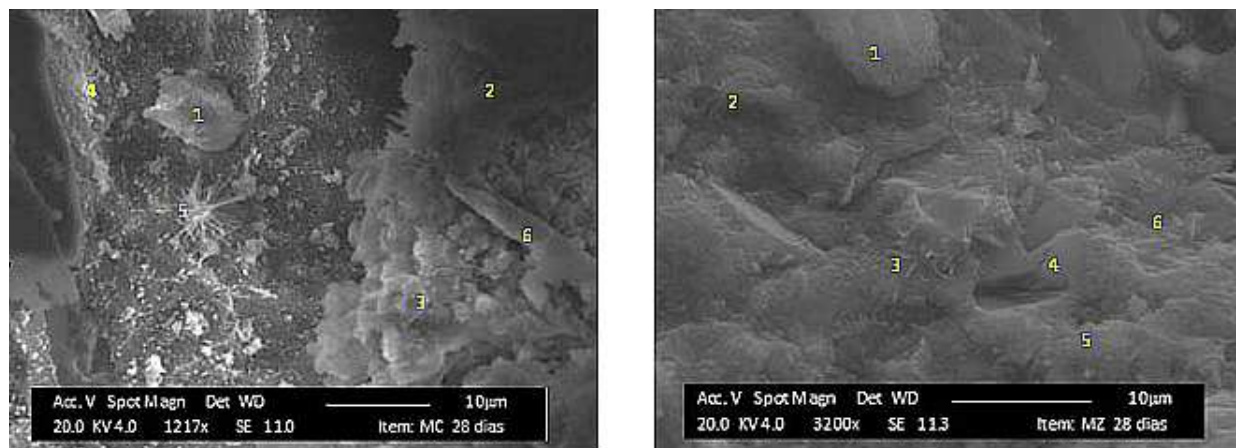


Figura 9. Detalles 1 de los morteros a 28 días. (derecha cemento, izquierda cemento + zeolita)

En el caso del mortero cemento +zeolita, los resultados de los micro análisis nos indican que los productos de hidratación en la interface árido pasta son fundamentalmente aluminosilicatos y aluminatos de calcio, con relación Al/Ca variable, explicado por los aporte de aluminio que realiza la zeolita (puntos 1, 2, 5, 6). Son más densos y con formaciones aciculares en todas direcciones.

En el punto 3 aparece una pequeña formación de ettringita y en el punto 4 se observa portlandita en forma hexagonal en disolución (rodeada por silicatos y aluminatos cálcicos).

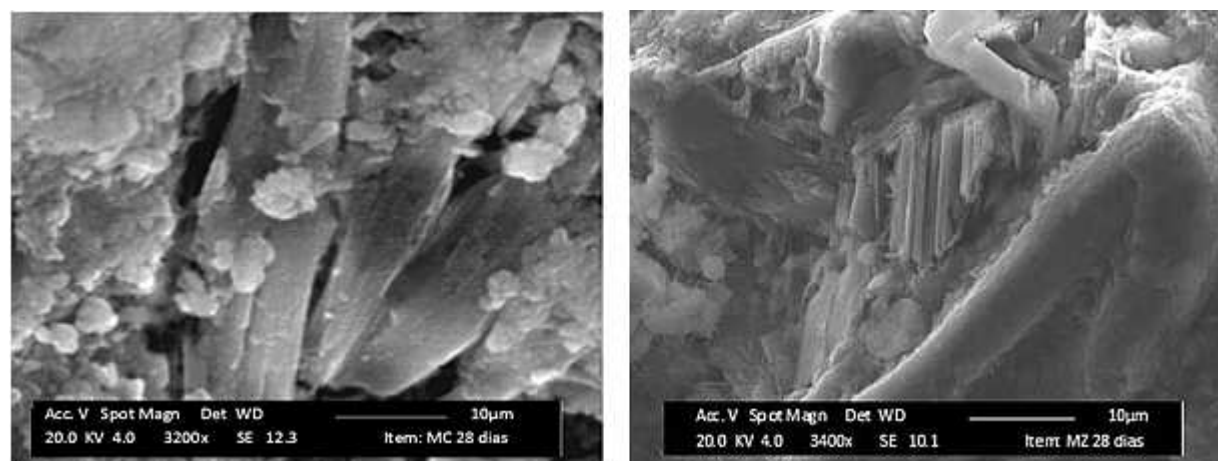


Figura 10. Detalle 2 de los morteros a 28 días (derecha cemento, izquierda cemento + zeolita)

En la figura 10 aparece el detalle 2 de formaciones de portlandita en los morteros a 28 días, donde se aprecia claramente las diferencias morfológicas entre la portlandita formada en la interface árido pasta del mortero cemento y la portlandita formada en la interface del mortero de cemento + zeolita. En esta última los cristales no son angulosos, están incluidos en la masa y se aprecia disolución de los mismos al estar formados a su alrededor silicatos y aluminosilicatos cálcicos.

Tabla X. Microanálisis de Energía Dispersiva de Rayos X (EDX) de los morteros. Relaciones según las masas molares de los productos de reacción

Mortero de cemento				
	S/Ca	Al/Ca	Ca/Si	Si/Ca
1	0.037	0.074	0.084	0.486
2	0.026	0.073	0.052	0.602
3	0.017	0.128	0.046	0.926
4	0.017	0.095	0.065	1.716
5	0.284	0.184	0.140	0.252
6	0.01	0.09	0.00	0.06

Mortero de cemento + zeolita				
1	0.042	1.566	0.471	2.124
2	0.000	0.435	0.792	1.262
3	0.231	0.282	4.266	0.234
4	0.001	0.002	24.870	0.040
5	0.026	0.172	0.955	1.047
6	0.029	0.174	0.990	1.011

Las resistencias mecánicas y la absorción capilar obtenida en los morteros a las diferentes edades aparecen en las tablas y gráficos siguientes.

Tabla XI. Resultados de las resistencias a compresión de los morteros a diferentes edades

Mortero	Resistencia a compresión MPa		
	3 días	7 días	28 días
Cemento	16,8	22,7	37,9
Cem + Zeo	16,9	25,8	46,5

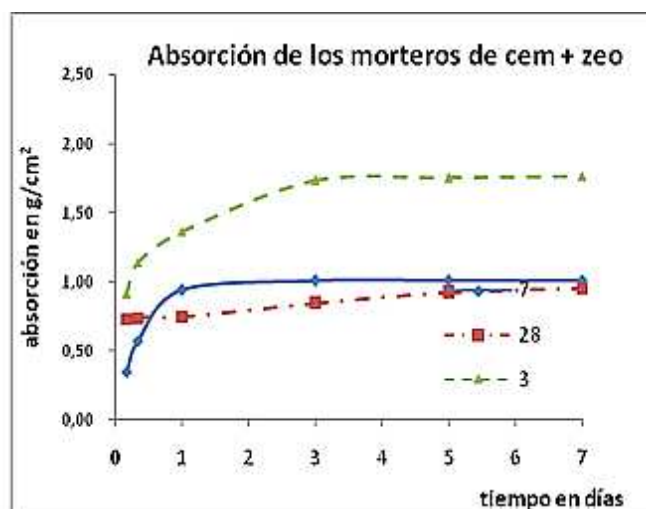
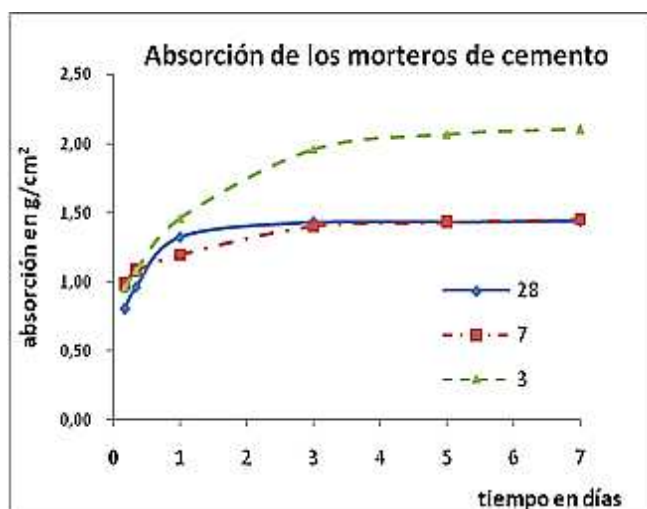


Figura11. Comportamiento de la absorción capilar en el tiempo de los morteros

DISCUSION

Los resultados de la caracterización del cemento nos indica que estamos en presencia de un cemento P350 que cumple con los parámetros de calidad de la normativa cubana.

La zeolita de acuerdo a su composición química y el difractograma es del tipo clinoptilolita-heulandita con presencia de mordenita. La relación Si/Al es de 5,48 lo indica que es mayoritariamente clinoptilolita que tiene relaciones Si/Al mayores que 4.

El tamaño medio de partícula es de 48 μm , con un retenido en el tamiz 0,044 μm de un 43 %, sin embargo tiene una alta superficie específica total, mucho más alta que la que se reporta para la micro sílice y las cenizas volantes (25 m^2/g) correspondiéndose con tamaños medios de partículas en el orden de las 10 μm . Es de señalar que la superficie específica externa de la zeolita (Blaine) difiere en el orden de los miles, de la superficie total, por lo que se considera que esta discordancia se debe a la estructura cristalina de la zeolita caracterizada por grandes cavidades y canales internos.

Desde el punto de vista de actividad, cumple con lo especificado en la norma ASTM C 618, excepto para la finura que exige un 34% máximo retenido, sin embargo ostenta 43%.

Los resultados físico mecánicos: resistencia a compresión a la edad de tres días, el mortero de cemento presenta una mayor resistencia que el mortero de cemento+ zeolita. Esto se corresponde con lo observado en las micrografía de las pastas donde se aprecia mayor formación de productos de hidratación en el mortero de cemento; sin embargo la absorción capilar es menor en el mortero de cemento + zeolita, lo cual puede ser explicado por el efecto filler que produce una masa mas cohesiva y elimina el proceso de exudación. Este comportamiento ha sido descrito de forma similar por Liborio para las adiciones de micro sílices.

En las micrografías de las pastas a 7 días, se observan estas diferencias de compacidad y de morfología de los productos de hidratación, pero que sin embargo aún no reportan diferencias ventajosas de las resistencias, pero si en la absorciones.

La adición de zeolita igual que para otras adiciones activas como el metacaolin o las cenizas de cáscara de arroz las resistencias mecánicas comienzan a tener diferencias a partir de los 28 días, lo cual ha sido explicado por el mecanismo de la reacción de estas puzolanas, las cuales comienzan el proceso a partir de que hay concentración de portlandita como producto de la hidratación del cemento. Es entre los 3 y los 7 días que la portlandita formada comienza un proceso de disolución por reacción con la puzolana, provocando una formación de nuevos productos semejantes a los de productos de hidratación del cemento (geles de tobermorita) con diferencias estequiometrias con respecto al primero. (Shannang 1995).

Cuando hay presencia de puzolanas los productos de hidratación del cemento entonces, son mas densos por la formación adicional de tobermorita rellena total o parcialmente las pequeñas oquedades, poros y micro poros que se han formado por agua o aire; si los sella ha ocurrido el refinamiento de poros, sin embargo si es parcial elimina la conectividad de los poros explicando la disminución de la absorción capilar, sin llegar a ser cero, pero siendo mucho menor la permeabilidad por este concepto, aspecto a corroborar en otros trabajos. (Liborio 2002).

La interface árido pasta es la zona mas lábil a los esfuerzos, dado que tiene pequeños espesores. Es característico que esta interface tenga formaciones altas de portlandita muy cristalizada y de forma alargada y angulosa, orientadas aproximadamente de forma perpendicular al gel y al árido, y por ser una capa delgada tiene mayor porosidad que la matriz de cemento hidratado. (Liborio 2002, Shannang 1995).

El proceso continuo de formación y disolución de portlandita por la presencia de una adición, produce como efecto que los cristales que se forman no sean angulosos sino hexagonales y en dirección del gel, lo cual desde el punto de vista mecánica elimina posibles tensiones y evita fisuras, lo que macroscópicamente se traduce en una mayor resistencia mecánica. (Larbi 1998).

Este comportamiento se observó claramente en las micrografías tomada en la interface árido pasta de los morteros de 28 días, donde se vio mayor adherencia y compacidad en la que corresponde al mortero de cemento + zeolita. De igual modo se evidencio que las morfologías de las portlanditas formadas se corresponde con lo descrito anteriormente.

Todo lo anterior explica que la resistencia a compresión del mortero de cemento + zeolita tiene un incremento del 80 % entre las edades de 7 a 28 días, mientras que el de cemento, solamente se incrementa en un 65%.

Es de resaltar que la adición de zeolita tiene comportamiento diferente la micro sílice o cenizas de cáscara de arroz, dada la naturaleza y composición química que no han sido descritas. Es el caso de la formación de productos hidratados con mayores contenidos de aluminio, los cuales tienen diferencias estequiometrias, siendo las relaciones Al/Ca disimiles. Esto se atribuye a los aportes de aluminio que hace la zeolita en su proceso de reacción.

Es evidenciado en las micrografías y los microanálisis de energía dispersiva de los morteros a 28 días que las adiciones de zeolita en su reacción puzolánica produce además de silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos a diferencia de la micro sílice o la ceniza de cascara de arroz que forman silicatos cálcicos adicionales solamente por la reacción de su componente fundamental: la sílice amorfa.

CONCLUSIONES.

- 1.- La zeolita no cumple el requisito de granulometría sin embargo tiene alta superficie específica, semejante a las micro sílices y cenizas volantes comercializables internacionalmente.
- 2.- Los incrementos de prestaciones (resistencia y durabilidad) de la reacción puzolánica de la zeolita se pueden explicar por la formación de silicatos hidratados adicionales con morfología semejante a la descrita para las adiciones activas internacionalmente comercializadas como la micro sílice y las cenizas volante.
- 3.- Se puede afirmar que las adiciones de zeolita mejoran la adherencia y la compacidad de la interface árido pasta y que los productos formados por la reacción puzolánica refinan los poros disminuyendo la absorción capilar.
- 4.- Se corrobora que la actividad puzolánica de la zeolita se debe a la reacción de los óxidos ácidos, SiO_2 y Al_2O_3 que reacciona y forman silicatos y aluminatos cálcicos variando la composición química del gel.

BIBLIOGRAFIA

- ACI. 2000. 232.1R-00. Use of Raw or processed Natural Pozzolans in Concrete. s.l. ACI Committee 232, 2000.
- Gayoso, R. y Rosell Lam, M.B. Uso racional y sostenible de las zeolitas en la construcción. 2004.
- Gayoso, R y Rosell Lam, M.B. Non-conventional aggregates and mineral admixture in high performance concrete. Recife, Brasil : s.n. 2006
- Gener Rizo, Marta. Aplicación de técnicas fisico químicas en el estudio de los productos de hidratación en pastas de cementos con adiciones de tobas. Investigación-Construcción,. Boletín 5. págs. 57-69. 1984.

Gener, M y Martin, A. Rosa Influencia de la demanda de agua en la durabilidad de morteros y hormigones elaborados con cementos mezclados con puzolanas.. 2001.

Larbi, J. A. Study of morphological change of concrete microstructure with silica fume admixture. Abstract PhD Degree. 1998.

Liborio, J. B. L., da Silva, I. J y de Melo, A.B. SEM Analysis of the paste aggregate interface in concrete coaining silica fume. Proceedings Third International Conference . Recife, Brazil : ACI International, 2002.

Martin Acosta, A.R.Howland Albear,J.J.. Estudio de durabilidad de hormigones premezclados con cementos con adición. Reporte de Investigación. CTDMC. 2005.

Martinez Ramirez, S, Blanco Varela, M. T. y Gener Rizo, M. Pozzolanic reactivity of zeolitic rocks from two different Cuban. Applied Clay Science . 2006 .

Mehta, P. Kumar y Monteiro, Paulo J. M. Concrete Microstructure, Properties and Materials. Sao Paulo : PINI, 2001.

Pepper, B. Effectiveness of mineral admixture in preventing excessive expansion of concrete due to alkali-aggregate reaction. ASTM Proceedings. V 59. pág. 59pp.

Poon, C.S, y otros. A study on the hydration rate of natural zeolite blended cement pastes. págs. 427-432.

Rabilero, A. Mineralogia de las puzolanas. La Habana, Memorias 1ra Convención de Ciencias de la Tierra (ISBN 959-7117-03-7), 2005.

Rabilero, A. Las Puzolanas. Cinética de las reacciones. Stgo de Cuba : Editorial Oriente., 1988.

Ramachandran, V. S y Beaudoin, James J. Handbook of analytical Techniques in concrete Science and technology. [ed.] Institute for Research in Construction National Research Council. Ottawa : Noyes publications, 2001.

Rosell M. B., Gayoso R. A., Calvo B. La zeolita como adición en hormigones de altas prestaciones. . [aut. libro] CYTED, Red XII-C Rocas y Minerales Industriales. IV Jornada Iberoamericana de Materiales de Construcción. Honduras. 2004.

Shannang M.J, Yeginobali A. Properties of pastes, mortars and concretes containing natural pozzolans. USA. Vol. 25, No. 3,, págs. 647-657. 1995..

Taylor, Harold. Cement chemistry. London : Academic Press, págs. 276-323. 1990.

Urrutia F. Gener M. La Habana : Conferencia Internacional sobre ocurrencias propiedades y usos de las zeolitas naturales, Zeolites 91 . Vols. parte II 198. 1991.

Zhang, M.H. y et, al. "Rice-husk ash paste and concrete: some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste". 1996, Vol. 26,, págs. 963-977. 1996.